

# العلوم والتقنية

مجلة علمية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية العدد الثامن شوال ١٤٠٩ / يونيو ١٩٨٩

## التقنية الحيوية

الهندسة الوراثية

تكيف الأنزيمات

زراعة الأنسجة

## منهـــــاج النشـــــر

اعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :

١ ــ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط ان لا يفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ ــ ان يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ ــ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الاشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ ــ أن لا يقل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ ــ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ ــ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ ــ المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

## المحتـــــويات


تربية الأسماك في المياه العذبة ........ ٢
التقنية الحيوية مفهومها وتطبيقاتها ........ ٤
الهندسة الوراثية ........ ٩
التقنية الحيوية في الزراعة ........ ١٣
التقنية الحيوية في إزالة التلوث وحماية البيئة ........ ١٩
الجديد في العلوم والتقنية « الطاقة الاندماجية» ........ ٢٣
التقنية الحيوية وتطبيقاتها الغذائية ........ ٢٤
الهندسة الأنزيمية وتسكين الأنزيمات ........ ٢٦
التقنية الجديدة في استخدام الأدوية ........ ٣٢
تقنية زراعة الخلايا والأنسجة النباتية ........ ٣٧
مساحة للتفكير ........ ٤٢
عـرض كتـاب ........ ٤٤
كتب صدرت حديثاً ........ ٤٥
شريط المعلومات ........ ٤٦
بحوث علمية ........ ٤٧
مع القراء ........ ٤٨


## المـراســـــلات


مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العـامة للتـوعية العلميـة والنشـر

ص.ب ٦٠٨٦ ــ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ــ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

**Journal of Science & Technology**

**King Abdulaziz City For Science & Technology**

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. - P.O.Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

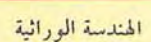



أجنة نخيل



تسكين كائنات التخمير





الهندسة الوراثية

التقنية الحيوية

العلوم والتقنية

# كلمة التحرير

أعزاءنا القراء :

بإصدار هذا العدد تكون مجلتكم قد أكملت عامها الثاني ، ولقد حاولنا جاهدين خلال تلك المدة أن نربط القاريء بالجديد في مختلف فروع العلوم والتقنية إلى جانب التعريف ببعض من علمائنا المسلمين الذين كان لهم دور في الثروة العلمية التي ورثتها منهم البشرية ، فقد كنا رواد علم ومعرفة وليس عسيراً أن نكون كذلك في عالم اليوم ، وجهدنا عزيزي القاريء في المجلة رغم تواضعه يهدف إلى إطلاع القاريء على مايتم من تطور في كثير من مجالات العلوم والتقنية المتعددة .

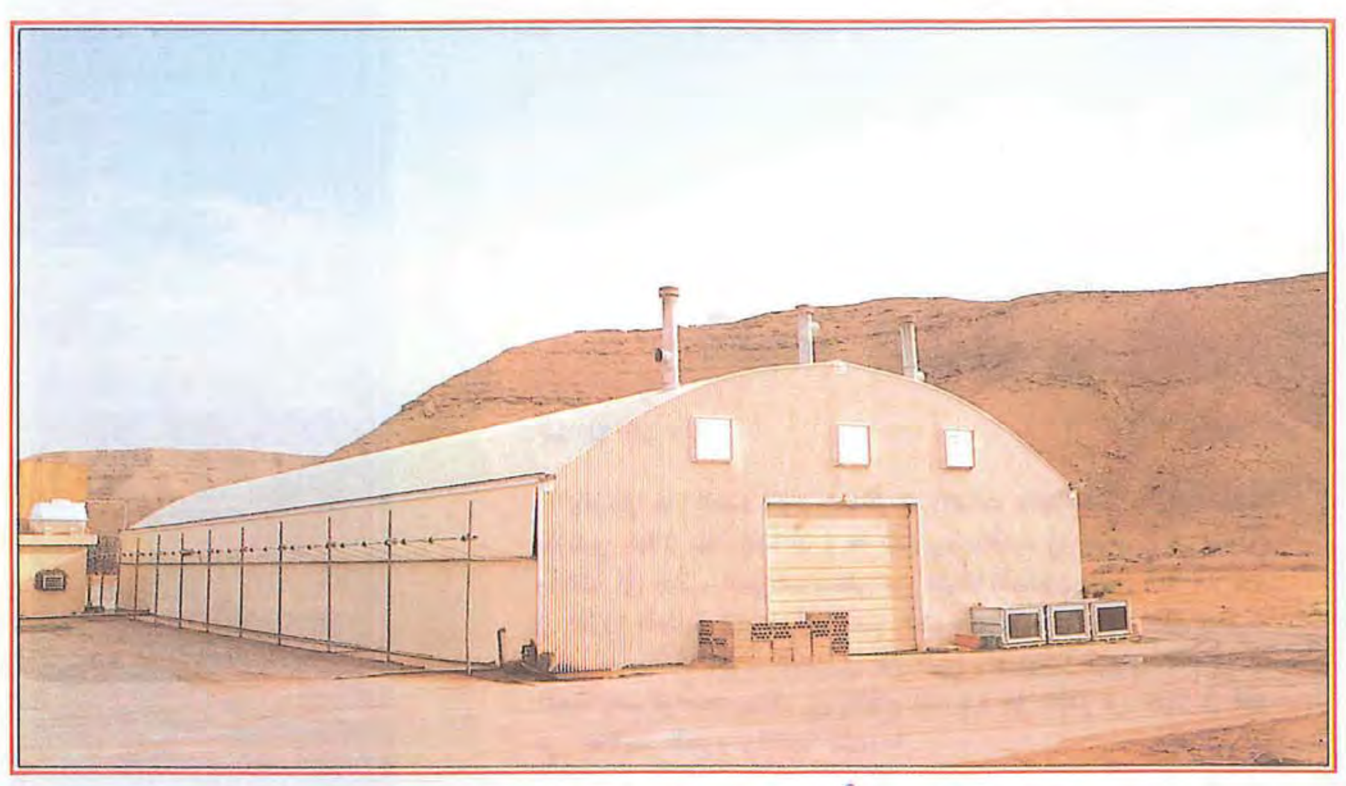
وجرياً وراء ماتفردت به المجلة من تناول الموضوع العلمي الواحد شارحين مفهومه وفائدته ومستقبله في حياتنا العملية فقد اخترنا لهذا العدد موضوع « التقنية الحيوية » ، حيث عرف الإنسان منذ القدم التقنية الحيوية في شكلها البسيط عندما اكتشف تخمر المواد الغذائية وتنوعت بذلك أشكال غذائه ، وقد تطورت هذه التقنية تطوراً مذهلاً منذ اكتشاف دورها في مجال الهندسة الوراثية فأصبحت من أهم فروع التقنية الحديثة .

ولا يخفي على القاريء أهمية الدور الذي تلعبه التقنية الحيوية في حياتنا اليومية ، ففي المجال الزراعي تلعب دوراً بارزاً في استنباط سلالات جديدة من المحاصيل عالية الغلة قادرة على مقاومة عوامل البيئة المختلفة من أمراض وحشرات وجفاف وملوحة ، وفي مجال الطب تستعمل التقنية الحيوية في صناعة الدواء وطرق العلاج به . وللتقنية الحيوية أهميتها في هندسة الوراثة التي قد يكون لها دور في معالجة ومقاومة بعض الأمراض خصوصاً السرطان ، وفي الغذاء هناك طرق تحضير الغذاء والأعلاف من المواد البترولية وأيضاً تحضير المنكهات والمواد السكرية وغيرها ، أما في مجال حماية البيئة فالتقنية الحيوية ذات أهمية كبرى في تحويل المخلفات إلى طاقة لفائدة الإنسان .

ولا يمكن حصر المجالات التي تستغل فيها التقنية الحيوية في حياتنا اليومية فهناك الجديد والمثير من الإكتشافات في هذا العلم ، وقد رأينا عزيزي القاريء أن نضع بين يديك قليلاً منها آملين فائدته لك .

ولا يفوتنا أن نشكر كل من ساهم معنا في إخراج هذا العدد ، راجين من الله أن نكون قد وفقنا في اعطاء هذا الموضوع حقه .

والله من وراء القصد ،،،



# تربية الأسماك في المياه العذبة

وقعت حكومة المملكة العربية السعودية وحكومة جمهورية الصين الوطنية اتفاقية للتعاون الاقتصادي والفني من أجل تشجيع وتطوير التنمية الاقتصادية في البلدين . وتقضي الاتفاقية بأن يعمل الطرفان على تشجيع التعاون الاقتصادي والفني بين بلديهما بما في ذلك الأشخاص القانونيين خاصة في مجالات تطوير الموارد واستغلالها وتنمية الصناعات الزراعية وزراعة الأسماك . وتشمل الاتفاقية تبادل البحوث والمعلومات العلمية والتقنية وكذلك تبادل المتدربين والخبراء والفنيين .

وقد إنبثق من هذه الاتفاقية ، اتفاقية بين مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ومعهد بحوث الثروة السمكية في جمهورية الصين الوطنية لإقامة مشروع لتربية أسماك المياه العذبة في المملكة العربية السعودية ، وبموجب هذه الاتفاقية الخاصة بالمشروع تم اختيار بعض الخبراء والمختصين في تربية الأسماك وإرسالهم إلى المملكة ليتولوا مهمة تدريب الفنيين السعوديين وإقامة نظام لتربية وإكثار الأسماك وخطط توسعته في المستقبل .

## أهداف المشروع

الهدف من المشروع هو دراسة امكان إيجاد نظام معين لتربية الأسماك في المياه العذبة . ونظراً لعدم وجود تاريخ مسجل لتربية الأسماك في المياه العذبة في البيئة الطبيعية للمملكة ، فقد كانت المحاولة الأولى هي معرفة ملاءمة نوعية المياه والظروف المحلية المصاحبة لتربية أنواع معينة من الأسماك . وقد كان من المتوقع أن يكون من الميسور ـ عن طريق الدراسات والبحوث المستفيضة ـ إقامة نظام لتربية أسماك المياه العذبة يتناسب مع أوضاع هذه البلاد ، وبالتالي إيجاد قاعدة لإنتاج الأسماك الطازجة للمواطنين .

وقد وقع الاختيار على المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية نظراً لبعدها عن البحر وحاجتها للثروة السمكية ورؤي أنه من المفيد تربية وإكثار أسماك البلطي والشبوط ـ التي تم جلبها من جمهورية الصين الوطنية ـ وأسماك السلور الأفريقي ـ التي جلبت من جمهورية مصر العربية ـ تحت إشراف اخصائيي المدينة والفريق الصيني، ويستهدف من ذلك تأمين مصدر إضافي من البروتين الحيواني والتقليل من استهلاك اللحوم في هذه المنطقة، إضافة إلى ذلك فإن المياه المستخدمة في تربية الأسماك يمكن استخدامها في عمليات الري الزراعي وذلك لاحتوائها على نسبة كبيرة من المواد العضوية الناتجة من بقايا الغذاء ومخلفات الأسماك .

وليس الغرض من المشروع انتاج كميات من الأسماك الكبيرة للاستهلاك المحلي ولكن

الهدف هو إنتاج يرقات الأسماك المناسبة للظروف البيئية المحلية ومن ثم توزيعها على المزارعين والمستثمرين ليتولوا تربيتها في مزارعهم الخاصة حتى تصل إلى الأحجام المناسبة للاستهلاك ، وفي هذا المجال تقوم المدينة بتقديم الإرشادات والتوجيهات فيما يتعلق بالنواحي الفنية والعلمية في المزارع الخاصة .

## مراحل نشاطات المشروع

اشتملت المرحلة الأولى من المشروع على دراسة تربية الأسماك في المياه العذبة ، والمرحلة الثانية على دراسة إكثار تلك الأسماك ، أما الخطوة التي تلت نجاح التجارب من حيث التربية والتكاثر فقد شملت توزيع اليرقات التي يتم انتاجها فعلاً على المزارع الخاصة ، ولتحقيق ذلك فقد تم إنشاء محطة للتربية والتكاثر بتكاليف إجمالية بلغت ثلاثة عشر مليون ريال .

## محتويات المحطة

تحتوي المحطة على عدد من المنشآت التي تتعلق بتربية الأسماك وتتضمن مايلي :

(أ) ٤٢ حوضاً خرسانياً مغطاة ومختلفة الأحجام .

(ب) ١٨ حوضاً صغير الحجم من الألياف الزجاجية .

(جـ) ٥ أحواض خرسانية داخل صوبة زجاجية .

(د) ١٦ حوضاً متوسط الحجم من الألياف الزجاجية .

(هـ) مختبر واحد مزود بالأجهزة العلمية اللازمة .

إضافة إلى ذلك توجد أحواض جمع المياه وأحواض الترسيب والترشيح وقنوات الصرف الرئيسة والفرعية وأجهزة التهوية والتكييف ، وقد صممت هذه الأحواض بما يتناسب مع البيئة المحلية من أعماق وميول ومداخل للمياه ومخارجها .

## أنواع الأسماك

أوصت الدراسات الأولية التي أجريت لتحديد أنسب أنواع الأسماك للتربية في الظروف البيئية المحلية بأن أسماك البلطي تعد من الأنواع الجيدة والمرغوبة ، وقد تم بالفعل العمل ـ ولايزال جارياً ـ لاكثار هذا النوع من الأسماك ، هذا وتتم في المشروع حالياً تربية الأسماك التالية :

(أ) سمك البلطي الأبيض والسلطاني الهجين (T.aurea, T.nilotica) .

(ب) سمك البلطي الأحمر (Red Tilapia)

(جـ) سمك الشبوط (Common Carp) .

(د) سمك السلور الأفريقي (African Cat Fish)

ونظراً لنجاح المشروع في إنتاج اليرقات والاقبال المتزايد من قبل المزارعين والمستثمرين ، فقد قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بتوسعة المشروع لزيادة عدد اليرقات لتفي باحتياجات



المزارعين وغيرهم ، وقد وصل إجمالي عدد اليرقات المنتجة حتى نهاية عام ١٤٠٨هـ ما يقارب مليونين ونصف المليون يرقة تم توزيعها على عدة مزارع خاصة موزعة على مناطق مختلفة ، ولا تزال عملية التوزيع مستمرة حتى الآن ، كما ان بعض المزارع والمشاريع الخاصة بدأت في تسويق إنتاجها في الأسواق المحلية .

ونتيجة لثبوت جدوى المشروع من واقع النتائج التي تحققت ، ولاقتناع المزارعين والمستثمرين الذي تمخض عنه تقديم عدة دراسات جدوى اقتصادية لإنشاء مشاريع استثمارية حيث قدم حتى الآن ثلاث وعشرين دراسة لمقام وزارة الزراعة والمياه للحصول على التراخيص والقروض والإعانات ، فإن مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية تقوم حالياً بإنشاء محطة فرعية متكاملة لإنتاج يرقات الأسماك في منطقة القصيم حيث تتوفر المياه العذبة ، وذلك لتسهيل الحصول على اليرقات ، كما تقوم المدينة أيضاً ـ وفي إطار تحقيق الأمن الغذائي ـ بإجراء دراسات وبحوث لادخال أنواع جديدة من الأسماك لنشرها وتوزيعها في مناطق المملكة المختلفة .

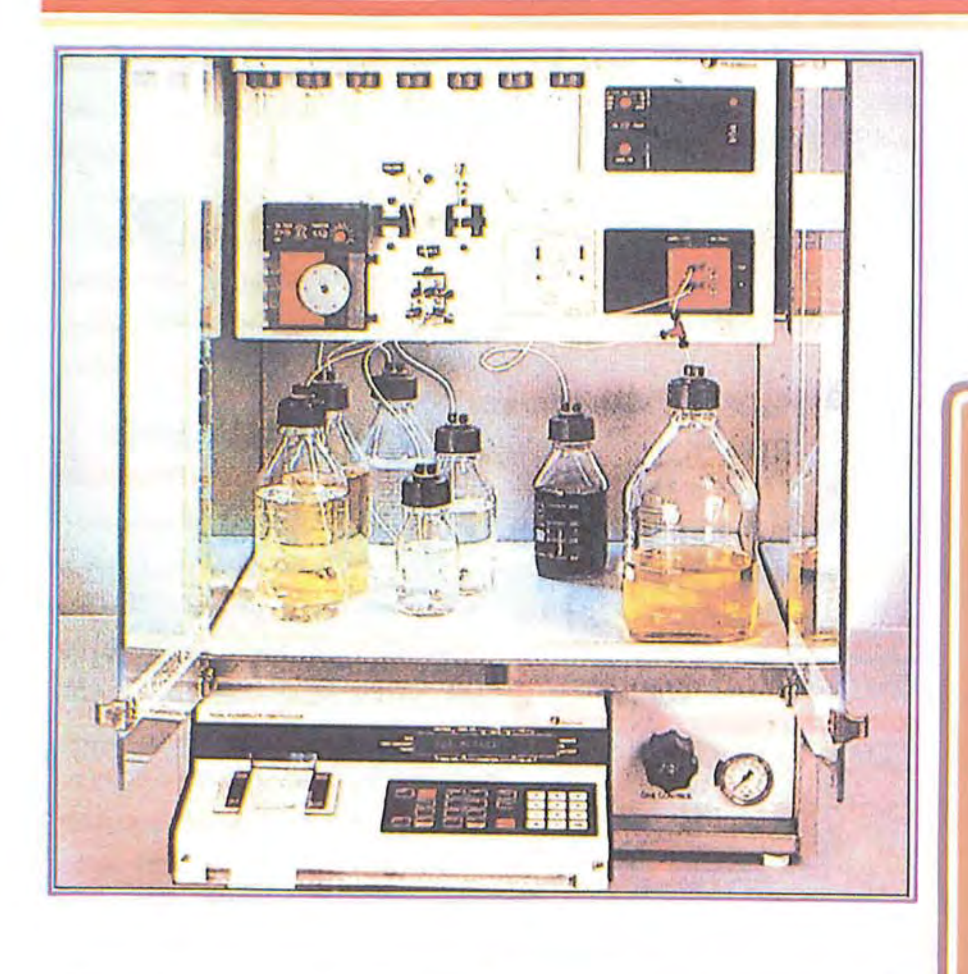


# التقنية الحيوية مفهومها وتطبيقاتها

د. دحام اسماعيل العاني
قسم العلوم - مكتب التربية العربي لدول الخليج

التقنية الحيوية اصطلاح العلم العصري لجلب الانتباه ورؤوس الأموال وتوقيع العقود للبحوث العلمية. إنها حقاً ثورة علمية حقيقية أحدثت تغييراً جذرياً في موقع البحوث الحيوية وتوجهاتها وعلاقاتها بالصناعة، فما هي هذه التقنية وكيف نشأت وما تطبيقاتها وما ينتظر منها ... وهل هناك حقاً محاذير لها ...؟

هذا ما سنحاول التعرض له بإيجاز في هذا المقال.



## ماهي التقنية الحيوية ؟

هي حقل علمي جديد تبلور وتطور في العقدين الأخيرين بشكل سريع ومذهل وقد تم تعريفه عام ١٩٨١م (في الاجتماع الأول للإتحاد الأوربي للتقنية الحيوية) على أنه الاستخدام المتكامل لعلوم الكيمياء الحيوية والكائنات الدقيقة والهندسة الكيميائية - وما يمت لهذه العلوم بصلة - للوصول إلى التطبيق التقني لقدرات الكائنات الدقيقة وخلايا الأنسجة المستزرعة.

ووفقاً لهذا التعريف وبدقة أكثر، تشمل التقنية الحيوية ثلاثة مجالات هي : علم الكائنات الدقيقة وماينبثق عنها (البيولوجيا الخلوية - علم الاحياء الجزيئي) والكيمياء (الكيمياء الحيوية، والهندسة الكيميائية) والتقنية الكيميائية، وتحت هذا المنظور تندرج منتجات وتطبيقات عديدة كالأغذية المتخمرة والكيماويات (المضادات الحيوية - الأنزيمات - الكحول الاثيلي - الخل - حامض الليمون وفيتامين ب - ١٢) وزراعة الخلايا والأنسجة ومعالجة مياه الصرف وإنتاج الطاقة واسترجاع البترول وتثبيت النيتروجين الجوي واستغلال المخلفات العضوية وتطبيقات أخرى سيرد ذكرها والتعرض لها. من هنا يظهر أن وضع حدود ثابتة للتقنية الحيوية ليس بالأمر السهل لتداخلها مع كثير من الصناعات الأخرى كالصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية وانتاج الأعلاف إضافة لصناعات أخرى، ويشرح الشكل ما أوضحناه من علاقة بين العلوم الحيوية والتقنية الحيوية وماتقدمه من تطبيقات مباشرة وغير مباشرة في المجالات التي تعرضنا لها والتي تنطوي تحت مايسمى بالصناعات الحيوية.

## تاريخ وتطور التقنية الحيوية

كان الإنسان البدائي يعيش على مايجده جاهزاً من غذاء فيأكل مايصطاد ويتناول مايصادفه من نبات بري . ثم تطور قليلاً فامتهن الرعي ثم الزراعة ، فتعرف على الري وتعاقب المحصولات وتسميد التربة ، فزاد انتاجه مما أوجد عنده الحاجة إلى تخزين الفائض أو تحويل هيئته لتجنب اتلافه وفساده وهنا ظهرت عملية التخمير ، فقد عرفها السومريون والبابليون منذ ٦٠٠٠ سنة قبل الميلاد . ثم تراكمت بعد ذلك المعارف ببطء ، فعرف قدماء المصريين خميرة الخبز والزبدة واللحوم المقددة وكان كل هذا وليد التخمرات البكتيرية على وجه الخصوص والخمائر والفطريات غير الممرضة بشكل عام ، فالتخمرات هنا تطلق على كل عملية حيوية تطرأ على المادة العضوية (من أصل نباتي) وتتحول إلى منتج أو منتجات محددة بفعل كائنات دقيقة مختارة ومن خلال تأثير قابل للضبط والتحكم فيه . هذه التقنية الحيوية الأولى ، جاءت إذن نتيجة ملاحظات الصدفة أو وليدة عملية تجريبية بحتة بنيت في أساسها على الملاحظة والاختبار .

استمر التطور حثيثاً دون إلمام جوهري بمفاتيح ادراكه ولم يتم التعرف على دور الكائنات الدقيقة ـ والخميرة على وجه التحديد ـ في هذه العمليات إلا في القرن السابع عشر للميلاد بوساطة **انتون فان لوينهوك** . غير أن المنعطف التاريخي للتقنية الحيوية وتحوله من فن مكتسب إلى علم مطبق أو من تطبيق حرفي إلى انتاج صناعي يعزى دون شك إلى **لويس باستير** حين أثبت القدرات التخمرية لهذه الكائنات لذلك فمن الانصاف والحق اعتباره المؤسس لهذا العلم الحديث كما يعتقد الكثير من المهتمين بهذا الموضوع . وبعد **باستير** تمكن **بوخذ** عام ١٨٧٩م من عزل سائل أصفر لزج من الخميرة التي تسبب تخمرات السكر ومن هنا تم التعرف على الأنزيمات ، وتوالت الأبحاث والاكتشافات التي أوجدت مايسمى فيما بعد بعلم التخمرات الصناعية وهو أحد الأركان الأساس للتقنيات الحيوية .

وتعود الهندسة الوراثية ـ إحدى التقنيات الحيوية الجديدة والرئيسة ـ بتاريخها الحديث إلى اكتشاف طبيعة مادة الـ (DNA) . ففي عام ١٩٥٣م أزيح الستار عن الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) وبذلك الاكتشاف ابتدأت سلسلة من التطورات المذهلة في علم الوراثة والعلوم الاحيائية المتعلقة به أدت إلى فهم أعمق لطريقة تأدية الكائنات الدقيقة لوظائفها ، وفي عام ١٩٧٣م ابتكر العلماء أسلوباً للتعامل مع هذه المادة الوراثية ، ويعد هذا الأسلوب الأساس لكثير من التطبيقات في الهندسة الوراثية . هذا الأسلوب هو ما يعرف بتقنية اعادة تنظيم أو توليف أو وصل الـ (DNA) ، وهي التي اكسبت التقنية الحيوية موقعاً جديداً وعصرياً يختلف عن تاريخها الذي تحدثنا عنه رغم اتصال جذور الماضي بفروع الحاضر .

## تقنية حيوية أم تقنيات حيوية ؟

لا يزال هناك التباس وغموض في استخدام مصطلح التقنية الحيوية فبينما يعد البعض أن اصطلاح التقنية الحيوية لا يستحق أن يستخدم إلا ليشمل القطاعات المتطورة (أو التقنيات الحديثة) مثل الهندسة الوراثية والدمج الخلوي والأنزيمات المسكنة والخلايا المسكنة على الحوامل الصلبة ، يرى البعض الآخر أن التقنية الحيوية تشمل أيضاً الإنتاج الصناعي التقليدي للمواد المصنفة في أجهزة التخمر بوساطة الكائنات الدقيقة كالصناعات المنتجة للمضادات الحيوية ، والفيتامينات والتي يزيد عمرها حتى الآن عن ٣٠ عاماً ، وإلى جانب هؤلاء هناك رأي ثالث يرى أن التقنيين الحقيقيين هم أولئك الذين اكتشفوا صناعة البيرة وخميرة الخبز الطبعية أو لبن الزبادي منذ ٣٠٠٠ عام مضى . إلا أن الواقع يقتضي أن نعد التقنية الحيوية على أنها كل الأساليب والوسائل التي تستخدم الخلايا الحية (كالبكتيريا) أو مكوناتها (كالأنزيمات) لتحويل مادة كيميائية لمادة أخرى أو إنتاج مادة جديدة . ولهذا وطبقاً لما ذكرنا فإنها تقنيات متعددة وليست تقنية واحدة ، فبالإضافة إلى التقنيات القديمة المعروفة كالتخمرات ومايندرج تحتها هناك تقنيات أخرى حديثة سيطول الحديث عنها فيما بعد للآفاق الواسعة المنتظرة لتطبيقها إن شاء الله وهي :

١ ـ تقنية الهندسة الوراثية والمتمثلة في إدخال أو إضافة رسالة وراثية محددة ومرغوبة إلى التراث الوراثي للخلية التي تفتقر لهذه الصفات المرغوبة .

٢ ـ الدمج الخلوي لخليتين لاجنسيتين من أصلين أو نوعين مختلفين وإكثار الخلية الهجين في أوساط تجريبية (Invitro) . يتم الدمج الخلوي عن طريق تحليل جدار كل خلية باستخدام الأنزيمات المحللة (أو بطرق ميكانيكية) ومن ثم يتحرر البروتوبلاست من الجدار الخلوي في كل خلية ، ويندمج في الخليتين المتحررتين ، ثم تتحد المورثات في كلتا الخليتين ويعاد التنظيم أو التوليف الوراثي للخلية الناتجة والتي تكون خلية مهجنة ذات صفات وراثية جديدة مختلفة عن الخليتين التي تم بينهما الاندماج (الخليتين الأم) .

٣ ـ الهندسة الأنزيمية وتسكين الأنزيمات ، وهي الاستغلال الصناعي الأمثل لقدرات الأنزيمات وهي على صورة غير متحركة أو غير ذائبة بالماء ، وذلك بتسكينها (تقييد تحركها) أو تثبيتها على حوامل معينة (الومينا ، راتنجات ، سليلوز . . الخ) ، ومن مزايا التسكين تسهيل استعادة الأنزيمات ضمن مميزات أخرى سيتعرض لها المقال الخاص بهذا الموضوع ، وفي الوقت الذي تتطور فيه

وتزدهر التقنيات الحيوية الحديثة كالهندسة الوراثية والأنزيمية والدمج الخلوي ، فإن البحوث النشطة في التقنيات الحيوية الحديثة كالتخمرات بشكل عام تتطور أيضا ، وكذلك الحال في المجالات الهندسية ذات العلاقة والتي لا بد أن ينالها التكييف والتحديث اللذان لا غنى عنهما ، فالتخمرات الصناعية مثلا ، أصبحت آلية بشكل متزايد ، كما أن عمليات الضبط والتحكم لكل عناصرها تتم باستخدام مجسات أو لواقط الكترونية متصلة بأجهزة الحواسب الإلكترونية التي تربط المفاعلات بالعمليات التي تجري فيها ، وعموماً فإن مجموع هذه الوسائل والتقنيات هي التقنيات الحيوية كما نميل إلى تسميتها .

يمكن تصنيف التقنيات الحيوية الحديثة التي ستلعب دوراً حاسماً إن شاء الله في تحقيق الطموحات المترتبة على هذا العلم الجديد كما يلي :

١ ــ الهندسة الوراثية (التحكم في إعادة تنظيم أو توليف الـ DNA) .

٢ ــ زراعة الخلايا والأنسجة .

٣ ــ الدمج الخلوي (اندماج البروتوبلاست) .

٤ ــ تحضير مضادات الأجسام وحيدة النسل . (Monoclonal Antibodies) .

٥ ــ التدخل في التركيب النباتي للبروتين (هندسة البروتين) .

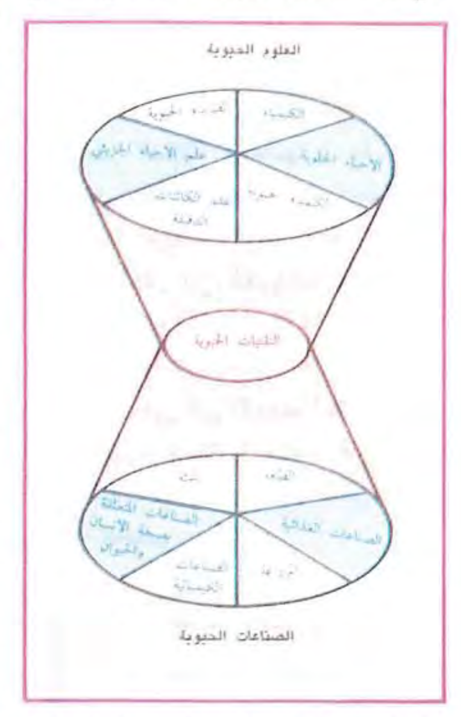
٦ ــ الهندسة الأنزيمية (تسكين الأنزيمات وتحفيز الخلايا) .

٧ ــ ربط الحاسب الآلي بالمفاعلات الاحيائية والعمليات التي تجري فيها .

## تطبيقات التقنيات الحيوية في المجالات المختلفة

يشير كثير من الخبراء إلى أن التقنيات الحيوية قد تؤدي إلى تحسينات كثيرة في الإنتاج الزراعي وإلى أساليب جديدة في صناعة المواد الكيميائية والأدوية ، كما أنها محط الأنظار لابتداع طرق مبتكرة لإيجاد مصادر متجددة للطاقة ، وإذا ما أصبحت هذه الآمال واقعا وحقيقة فسيكون للتقنيات الحيوية تأثير إقتصادي وإجتماعي يضاهي في حجمه تأثير الإلكترونيات الدقيقة في العقود الأخيرة .

وحتى الآن فما زالت معظم التطبيقات المنظورة التي يكثر الحديث عنها في طور التوقعات القائمة دون شك على أسس




علمية ومرتكزات تجريبية ، مما اجتذب اهتمام الشركات الكبرى لتوظيف رؤوس أموال ضخمة للبحث عن منتجات هذه التقنيات ، ويكفي أن نشير إلى أن حمى تأسيس الشركات التي تحصر فعالياتها في التقنيات الحيوية في الولايات المتحدة الأميركية فقط قد وصل إلى ٣٠٠ شركة حتى عام ١٩٨٨م كما أن عدد الشركات التي تعمل في هذا المجال ـ بالإضافة إلى أنشطة أخرى ـ يصل إلى ١٠٠٠ شركة ، وتعمل كل هذه القوى الصناعية الهائلة على تطوير التقنيات الحيوية بسرعة مذهلة تؤكد للأوساط العلمية والاقتصادية من خلال منتجات معينة (الانترفيرون ـ الأنسولين ـ هرمونات النمو . . . الخ) ان الآفاق المستقبلية لن تعترضها حدود منظورة ، على الأقل في هذا الوقت من الاندفاع والحماس والطموح ، ويرجع اهتمام الدول المتقدمة والنامية على حد سواء بهذه التقنيات إلى المجالات المتعددة التي سترتادها وتلعب في تطويرها دوراً حاسماً خاصة مجالات الزراعة والكيميائيات والطب البشري ويتوقع الخبراء الاقتصاديون أن يصل حجم تسويق هذه التقنيات إلى أكثر من ١٠٠ بليون دولار أمريكي في عام ١٩٩٥م . ويبين الجدول (١) الحجم المتوقع للتسويق التجاري للتقنيات الحيوية في العالم خلال عدة سنوات قادمة .

## مجالات تطبيق التقنيات الحيوية

سنستعرض فيما يلي بإيجاز شديد وبنظرة شمولية المجالات المختلفة لتطبيقات التقنيات الحيوية :

### ١ ـ مجالات الزراعة والانتاج الحيواني

انه لمن الضروري النظر للتقنيات الحيوية وخاصة الهندسة الوراثية في سياق التغيرات التي ستحدثها في قطاع الزراعة وصناعاتها والتي ينتظر أن تنال نصيباً وافراً من النمو في العقدين القادمين فمعظم المؤشرات تؤكد أن أوسع مجالات تطبيقات الهندسة الوراثية هو قطاع الزراعة ، حيث يتوقع الخبراء أن يزيد الإنتاج الزراعي العالمي خلال العقدين القادمين بنسبة تتراوح مابين ٥ إلى ١٠٪ بعد تطبيق نتائج الأبحاث الأخيرة في التقنية الحيوية . ويبين الجدول (٢) المردود الحالي لبعض المنتجات الزراعية والمردود المتوقع لها بفضل استخدام تقنية الهندسة الوراثية .

وقد امكن الوصول إلى أصناف جديدة ذات صفات عالية ومرغوبة بعد أن أدخلت التقنيات الجديدة للهندسة الوراثية إلى طرق زرع الخلايا والأنسجة كما تم التوصل إلى عمل تزاوج جديد أو اتحادات مبتكرة لإنتاج سلالات نقية ، وقد حققت هذه التجارب نتائجاً مذهلة في نباتات الجزر والدخان والطماطم والخيار والكرنب ، وفي بعض

النباتات الطبية ونباتات الزينة ، ولا يخفى أهمية استنباط وإنتاج أصناف جديدة ذات صفات مرغوبة كمقاومة الجفاف بحيث يمكن زراعتها في الصحراء ، أو مقاومة الملوحة لتتحمل الري بمياه البحر أو مقاومة الحشرات والآفات الأخرى .

| مجال التطبيق | حجم السوق بلايين الدولارات |
|---|---|
| الزراعة | ٣٠ |
| الكيميائيات | ١٠ |
| الطب البشري | ٥ |
| المواد المضافة للأغذية | ٢ |
| الحيوانات المجترة | ١ |
| الزراعة المائية | ١٥ |
| المجموع الاجمالي (بتحفظ) | ٥٠ |
| المجموع الاجمالي (بدون تحفظ) | ١٠٠ |

جدول (١) الحجم المتوقع للتسويق التجاري للتقنيات الحيوية خلال السنوات القادمة .

ولم تقتصر تطبيقات التقنيات الحيوية على مجال الزراعة بل امتدت نتائجها الإيجابية والمثيرة على تربية الحيوانات والإنتاج الحيواني وفي علم الحيوان بشكل عام ، فقد أمكن إنتاج الهرمونات، والأنزيمات، والأحماض الأمينية من مصادر حيوانية ، فعلى سبيل المثال تم انتاج وتسويق هرمون النمو (Somatotropin) المسؤول عن زيادة إدرار الحليب وعن طريقه سيرتفع انتاج الحليب في المزارع بنسبة لا تقل عن ٢٥٪ وقد تصل إلى ٤٠٪ . من جانب آخر أحرز تقدم كبير في مجال زراعة الأجنة عوضاً عن التلقيح الاصطناعي وقد تحقق ذلك بتحفيز الاناث على زيادة انتاج بويضات تلقح بدورها اصطناعياً ثم تنقل هذه الأجنة إلى اناث أخريات ، كما أمكن شطر الأجنة في حالات كثيرة لتصبح توائم في بعض الحيوانات .

ويضيق المجال لاستعراض التطبيقات الأخرى المتعلقة بإدخال مورثات مرغوبة على حيوانات غريبة للحصول على خصائص جديدة يتم اكسابها لملايين الحيوانات المولودة أو الأجيال التي ستولد ، وهكذا ، فإن استخدام التقنيات الحيوية بطرقها المتعددة سوف يحقق اكتساب صفات جديدة وكثيرة في مجال الإنتاج الحيواني مثل زيادة نسبة الوزن وزيادة الخصوبة وإدرار الحليب وتحسين المميزات البدنية ومقاومة الأمراض المهلكة مثل التهاب الضرع وأمراض الطفيليات وإسهال العجول .

### ٢ ـ المجالات الطبية والرعاية الصحية

اكتسبت التطورات الحديثة للهندسة الوراثية أهمية خاصة منذ أن أصبح جلياً بأنها ستلعب دوراً كبيراً لمنفعة الإنسان في مجالات الطب والرعاية الصحية . إذ أن تطبيق التطورات الأخيرة في التوليف الوراثي أدى إلى استنباط ميكروبات جديدة ذات قدرات مبتكرة تتجاوز قدراتها المعروفة ومن ثم انفتاح عهد جديد في علوم الحياة التطبيقية ، وتعود المرحلة الجديدة هذه إلى عام ١٩٧٧م عندما أمكن نقل مورث الأنسولين البشري إلى بكتيريا القولون (E. Coli) ، ومن المعلوم أن الأنسولين هو الهرمون المتداول لعلاج مرض السكر ، وقد تحقق هذا بإنتاجه تجارياً من البكتيريا ويبلغ حجم إيراد تسويقه ٤٠٠ مليون دولار سنوياً ومن المتوقع أن يتضاعف حجم تبادله مستقبلاً . وتطرح حالياً بالأسواق مجموعة من المستحضرات الطبية الهامة التي تم إنتاجها عن طريق الميكروبات وتعد أدوية علاجية باهظة التكاليف، ونذكر منها على سبيل المثال الأنترفيرون المستخدم لعلاج الأمراض الفيروسية السرطانية ، وهرمونات النمو ، والثايموسين القادر على تنظيم الإستجابات المناعية ، كذلك بعض بروتينات الدم المستخدمة في علاج النزف الدموي ، واللقاحات والأنزيمات المستخدمة في إذابة الجلطات الدموية الناجمة عن جلطة الشرايين أو جلطات المخ والرئة . إضافة لهذه التطبيقات يجب أن لا يغيب عن الأذهان المنتجات السابقة والمتداولة منذ أكثر من ثلاثة عقود كالمضادات الحيوية والمسكنات والفيتامينات ($E - B_{12}$) وهرمونات الخصوبة (الاستروجينات والاندروجينات) وهرمونات الغدة الجاردرقية .

في عام ١٩٧٥م تم التوصل إلى إنتاج الأجسام المضادة وحيدة النسل ، فمن المعلوم أن خلايا الكائنات بشكل عام تقاوم الأجسام الغريبة بإنتاج هذه المواد ، وقد تم دمج الخلايا ذات المناعة والقادرة على انتاج هذه المضادات مع خلايا سرطانية لتمنحها الأخيرة القدرة على التكاثر اللامحدود . بعد ذلك تسترزع الخلية الناجمة عن هذا الاندماج (الخلية المهجنة) للحصول على اعداد كبيرة منها ، وبهذه الطريقة أمكن الحصول على كميات كبيرة من الأجسام المضادة المتماثلة والنقية ، وتفيد هذه المضادات في إجراء الاختبارات التشخيصية المتناهية الدقة كما تساعد في تنقية البروتينات بدرجات عالية ويتوقع أن تستخدم قريباً لإيصال الجرعة الدوائية بشكل دقيق ومؤكد إلى الخلايا المسرطنة وهذا ما سيفتح مجالاً جديداً وطرقاً مبتكرة في العلاج لهذا المرض ولأمراض أخرى .

| المحصـــول | المردود الحالي طن / هكتار | المردود المتوقع طن / هكتار |
|---|---|---|
| الطماطم | ٢٠ ـ ٤٠ | ٦٠ ـ ١٠٠ |
| قصب السكر | ٧٥ ـ ٩٠ | ١٥٩ ـ ٢٠٠ |
| الفول السوداني | ١,٦ | ٤ |
| زيت النخيل | ٢ ـ ٥ | ١٠ ـ ١٢ |
| الصنوبر الاستوائي | ١٢ ـ ٢٠ | ٤٠ ـ ٦٠ |

جدول (٢) المردود الحالي والمتوقع لبعض المنتجات الزراعية باستخدام تقنية الهندسة الوراثية .

### ٣ ـ مجالات حفظ البيئة وازالة التلوث وانتاج الطاقة

من المعلوم أن عمليات التقنية الحيوية لمياه الصرف الصحي تعتمد أساساً على إضافة الأكسجين للبكتيريا المتوفرة طبعياً في هذه المواد ، وقد تم استغلال تطبيقات هذه التقنية على تنقية هذه المواد بتوفير الشروط الملائمة للاحياء الدقيقة لتنظيف هذه المياه من المواد غير المرغوب فيها والضارة ومن ثم إعادة استخدامها ، وتجري هذه الطريقة على نطاق واسع في أماكن كثيرة من العالم، كما أن هناك طرقاً أخرى تعتمد على البكتيريا اللاهوائية التي لا تحتاج إلى الأكسجين والتي تقوم بتمثيل المواد والفضلات وإنتاج غاز قابل للاحتراق أساسه الميثان وغازات أخرى بكميات قليلة ، وبهذه الطريقة يمكن في وقت واحد الحصول على طاقة متجددة وإزالة التلوث والتخلص من المخلفات الحيوانية والصناعية والغذائية والزراعية ، والجدير بالذكر أن الصين الشعبية تعتمد على انتاج الطاقة اللازمة لعدة ملايين من القرى عن طريق انتاج الغاز الحيوي من روث المزارع الريفية ، كما تستغل الهند أيضاً هذا الغاز في أكثر من مليون قرية ، وهناك أبحاث حديثة للغاية تشير إلى عزل بعض سلالات الطحالب ـ من نوع بوتريوكوكوس بروناي ـ والتي تتكاثر في الأحوال العادية على المياه العذبة والهواء وتحت أشعة الشمس لتنتج الهيدروكربونات ، وقد دلت النتائج الأولية إلى إمكان التوصل إلى إنتاج كمية من الهيدروكربونات تعادل ٣٠٪ من الوزن الجاف لهذه الطحالب ، ويعتمد استغلال هذه البحوث بشكل تجاري على تقليل تكلفة الإنتاج واستخلاص الناتج المطلوب ، وتعد تجربة البرازيل في إنتاج الكحول واستخدامه بنسبة معينة كوقود للسيارات تجربة مثيرة تؤكد التطبيقات الممكنة للتقنيات الحيوية في إنتاج الطاقة على نطاق واسع إذ تجاوز عدد السيارات التي يغذيها الوقود الكحولي في البرازيل أكثر من مليوني سيارة .

### ٤ ـ مجالات الأغذية والأعلاف والتصنيع الغذائي

أشرنا في بداية هذا المقال إلى استخدام التقنيات الحيوية التقليدية منذ زمن طويل في إنتاج الأغذية ، فتخمرات الحليب واللحوم والأسماك ثم الفواكه والخضروات والحبوب شائعة وفي معظم أنحاء العالم . كما أن الأحماض الأمينية والأنزيمات والفيتامينات والمواد الإضافية الثانوية للأغذية تنتج على نطاق واسع بأساليب التقنيات الحيوية المختلفة ويزداد حالياً التوسع في انتاجها ، ومن المعلوم أن اليابان تجني أرباحاً طائلة من احتكارها لمعظم تقنيات انتاج الأحماض الأمينية والأنزيمات ، وترجع أهمية هذه المنتجات إلى استخدامها في الصناعات الغذائية بشكل واسع .

أما البروتينات وحيدة الخلية ، والتي تم إنتاجها من المشتقات البترولية كالميثانول ، فقد أنتجت تجارياً واستخدمت في علائق الدواجن بنسبة معينة لرفع نسبة البروتين فيها .

وتتجه الأبحاث الحالية في المختبرات والمعامل المتقدمة إلى استغلال الهندسة الوراثية في إنتاج أغذية ذات سعرات حرارية منخفضة نظراً لازدياد الطلب على هذه الأغذية تفادياً لأخطار الأمراض المتعلقة بالسمنة وازدياد الوزن ، ونذكر على سبيل المثال صنفاً جديداً في البروتينات (Taste .- active proteins) يستخدم كمحلي ومعدل للمذاق .

كما أن هناك بحوثاً أخرى لانتاج الدهون والزيوت ذات السعرات الحرارية المنخفضة ، ويتوقع الخبراء أن يصل حجم التسويق التجاري لهذه الدهون في نهاية العقد القادم إلى ٢ بليون دولار سنوياً .

## الأخطار المحتملة لبعض التقنيات الحيوية

كثرت في الآونة الأخيرة التساؤلات المطروحة حول الأخطار التي قد يسببها أبحاث التوليف الوراثي ونقل المورثات بلا حدود أو ضوابط في مجال الحيوانات ، وقد أثيرت مثل هذه التساؤلات عندما تم في الولايات المتحدة الأمريكية خلط مورثات الفئران بالأرانب مما نجم عنه سلالة من الفئران الضخمة الحجم التي يعادل حجمها أكثر من ضعف حجم الفئران غير المعاملة مما أثار القلق لتمادي هذا النوع من التجارب ، وارتفعت أصوات كثيرة تنادي بعدم التمادي في هذا النوع من الأبحاث لما قد يجره من أخطار على البشرية ، وربما كانت تلك التساؤلات وراء اصدار قرارات إيقاف أبحاث التوليف الوراثي بين عامي ١٩٧٤ ـ ١٩٧٦م ، وفعلاً فقد راودت العلماء عدة مخاوف حول احتمال إنتاج بكتيريا تحمل صفات جديدة غير مرغوبة أو خارجة عن إرادة الباحثين ومن ثم تسربها للبيئة مما قد يتمخض عنه أوبئة كثيرة ، كذلك أعرب العلماء عن مخاوفهم لاختلال التوازن البيئي الذي قد ينجم عنه تلاشي بعض الكائنات الدقيقة على حساب كائنات أخرى . . هذا وفي الوقت الذي تدفع فيه الطموحات العلمية إلى المزيد من التجارب والتطبيقات الإيجابية للهندسة الوراثية ، نجد أن بعض الدول عادت من جديد فوضعت القيود على الأبحاث المتعلقة بالتوليف الوراثي كما هو الحال في ألمانيا الغربية التي أصدرت في المدة الأخيرة قراراً بوجوب الحصول على التراخيص لهذه الأبحاث مسبقاً لدراسة الاحتمالات الممكنة قبل المباشرة لهذه الأبحاث .

وخلاصة القول أن التقنيات الحيوية في شتى المجالات الزراعية، والحيوانية، والطبية، والبيئية، وإنتاج الطاقة والأغذية، ماضيه بشكل سريع، وتسعى البحوث والدراسات التي تجري في كثير من دول العالم إلى تطوير عمليات التصنيع في المجالات السابقة ذكرها .

★ ★ ★



# الهندسة الوراثية


د. عبدالعزيز الصالح
كلية العلوم ـ جامعة الملك سعود



الهندسة الوراثية مصطلح علمي يعبر عن تلك التقنية الحديثة التي تستغل للتحكم في بعض مورثات الخلية الحية وتحفيزها للعمل باستخدام الطرق المعملية ، وعلى الرغم من حداثة الموضوع إلا أنه تطور بشكل سريع وكثرت مسمياته فقد يطلق عليه اسم تقنية المورث وأحياناً أخرى يعرف باسم اعادة التوليف الوراثي (Genetic Recombination) ولعل مصطلح الهندسة الوراثية فيه كثير من المبالغة ولكن الحقيقة العلمية تدل على مدى تقدم التقنية الوراثية وإمكان التحكم في بعض الصفات الوراثية للكائن الحي . الجدير بالذكر أن التعريف الدقيق لهذا النوع من التقنية هو القدرة على تكوين اتحادات وراثية جديدة وذلك بخلط مورثات معروفة لخلايا معينة مع مورثات فيروسية أو بلازميدات بكتيرية وتمكينها من التكاثر وإظهار قدراتها الوراثية في التحكم في وظائف الخلايا المضيفة التي تلقح بها مثل هذه المواد الوراثية .


## ماهي المادة الوراثية ؟

تحتوي جميع خلايا الكائنات الحية على مايعرف بالمادة الوراثية أو مادة الحامض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA) ، وهو الحامل الحقيقي للمورثات (Genes) والمسؤول عن تحديد الصفات الخاصة والفريدة لكل كائن حي . ان هذا الحامض ماهو إلا عبارة عن مركب جزيئي يتكون من شريطين ملتفين بشكل حلزوني ، كل شريط عبارة عن سلسلة طويلة من النواتيدات (Nucleotides) . النواتيدة عبارة عن مركب كيميائي يتكون من سكر خماسي ناقص الأكسجين ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية ، وتختلف النواتيدات بعضها عن البعض في القواعد النيتروجينية فقط . هذه القواعد هي : الادنين (A) والثايمين (T) والسيتوسين (C) والجوانين (G) . يتزواج الادنين (A) دائماً مع الثايمين (T) ويتزاوج السيتوسين (C) دائماً مع الجوانين (G) ويرتبط شريطا الـ (DNA) بعضهما مع بعض بروابط هيدروجينية تتكون من الداخل بين القواعد

النيتروجينية المتزاوجة، وينسب إلى العالمين المشهورين واطسون وكريك تفسير هذا التركيب الجزيئي الـ (DNA) عام ١٩٥٣م شكل (١) .



شكل (١) جزيىء الـ DNA

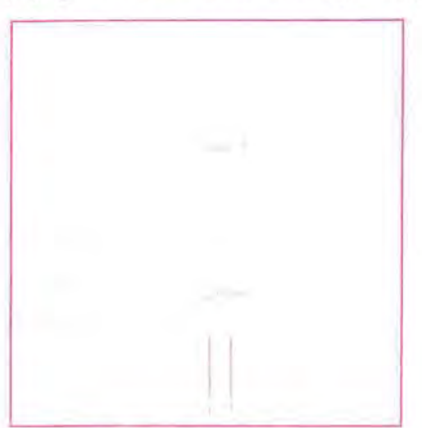
يتحكم في الصفة الوراثية مورث واحد أو أكثر، لكن المورث بشكل عام عبارة عن العديد من آلاف القواعد النيتروجينية ذات نمط ترتيبي قاعدي ثابت، لذا يعزى التباين الواضح بين الكائنات الحية إلى الاختلاف في نمط ترتيب القواعد النيتروجينية على طول شريط الـ (DNA) لكل كائن .

## كيف يتكاثر الحامض النووي منقوص الأكسجين ؟

لقد أودع الخالق عز وجل اعجازاً إلهياً في ذلك الجزيء الحامل للمورثات ، فكل كائن حي ينفرد بترتيب ثابت من التسلسل القاعدي على طول شريطه الوراثي . هذا الثبات يعزى إلى سر إلهي عظيم يكمن في القدرة المدهشة لهذا الجزيء في المحافظة على ثبات هذا الترتيب القاعدي عن طريق مضاعفة نفسه من خلال الظاهرة الفريدة المعروفة باسم التكاثر (Replication) .

يتم تكاثر الـ (DNA) في الحقيقة بطريقة معقدة جداً ولكن فكرة التكاثر تتم حسب الآتي :

خلال فترة التكاثر المعروفة بمرحلة التصنيع (Synthetic Period) ينفصل شريطا الـ (DNA) وذلك بانحلال الروابط الهيدروجينية التي تربطهما معاً ، وبمساعدة أنزيم الـ (DNA) المبلمر (Polymerase) يتم جذب نواتيدات جديدة متوفرة في البلازما النووية لتتزاوج مع نواتيدات كل من الشريطين القديمين بحيث تتحد نواتيدة الثايمين الجديدة مع نواتيدة الأدنين القديمة ونواتيدة الجوانين الجديدة مع نواتيدة السيتوسين القديمة ، وكذلك الحال تتحد نواتيدة الأدنين الجديدة مع نواتيدة الثايمين القديمة ونواتيدة السيتوسين الجديدة مع نواتيدة الجوانين القديمة . ينتج من خلال عملية التكاثر هذه شريط (DNA) جديد يلتف مع نظيره القديم حسب ظاهرة تكاثر الـ (DNA) المعروفة بالتكاثر نصف المحافظ (Semi-Conservative Replication) شكل (٢) .



شكل (٢) عملية تكاثر الـ DNA

تدل عملية التكاثر نصف المحافظ هذه على ثبات الصفات المتوارثة لكل كائن حي ، حيث أن الشريط القديم يكون بمثابة قالب صب لتكوين نظير جديد قبل عملية انقسام الخلية إلى خليتين بنويتين ، وهذا يضمن حصول كل خلية على نفس النصيب من المادة الوراثية .

## ماهي الهندسة الوراثية ؟

إذا استطاع الباحث أن يغير الترتيب القاعدي لجزيء الـ (DNA) في الخلية فمن المتوقع أن ينعكس هذا التغيير بشكل معين على الطبيعة الخاصة لهذه الخلية ، ومثل هذه التغيرات في الصفات الوراثية كثيراً ماتحدث في الطبيعة ، وتعرف هذه الظاهرة بالطفرة (Mutation) ، أي التغير في طبيعة المورثات لخلايا الكائن الحي سواء أكان ذلك نتيجة لعمليات التزاوج أم التلقيح أم لعمليات فيزيائية كالتعريض للإشعاع أو المواد الكيميائية .

ولقد مهدت النتائج التي حصل عليها العالمان أبل وترونتر إلى استنباط علم جديد هو الهندسة الوراثية ، حيث عرفا أن هناك أنواعاً من البكتيريا لديها القدرة على تقبل مواد وراثية خارجية عن طريق ظاهرة علمية تعرف باسم النقل أو التحول (Transformation) ، فلقد لاحظا أن أحد أنواع البكتيريا (Bacillus Subtilis) بإمكانها حمل (DNA) فيروس الجدري وتمكينه من التكاثر داخل السيتوبلازم البكتيري .

وفي عام ١٩٧٣م أدخل الباحث دي وزملاؤه مصطلحاً علمياً جديداً هو نقل المورث (Transgenesis) ويقصد به نقل معلومات وراثية من خلايا بدائية إلى خلايا راقية ، فلقد وجدوا أن خلايا الطماطم في المزارع الخلوية لا تستطيع أن تنمو في بيئة غذائية مزودة بسكر اللاكتوز أو الجلاكتوز كمصدر لتزويدها بالكربون إلا عندما تلقح هذه الخلايا بفيروس ملتهم الخلايا البكتيرية (Bacteriophage) حيث أن هذا الفيروس لديه القدرة على النمو في بيئة غذائية تحتوي على هذين النوعين من السكر وتكسيرهما إلى سكريات أقل تعقيداً .

كذلك تمكن الباحث هورست وزملاؤه عام ١٩٧٥م من تلقيح خلايا مزروعة من

جلد إنسان لديه نقص في افراز انزيم بيتا ـ جلاكتوسديز (β-Glactosidase) بفيروس ملتهم خلايا البكتيريا من نوع لمبدا ، وبهذا استطاعوا حث الخلايا على الإستفادة من الانزيم الذي يفرزه الفيروس .

تتعرض أحياناً ، عملية تلقيح الخلايا بدائية النواة بمادة الـ (DNA) الخارجية للفشل ، ويعزى هذا في كثير من الأحيان إلى هضم هذا الـ (DNA) الغريب أو عدم امكان تتبع آثاره الجديدة، ولكي

EcoR 5' — TAGAATTCCA — 3'
3' — ATCTTAAGGT — 5'
5' — TAG AATTCCA — 3'
3' — ATCTTAA GGT — 5'
طرف لزج
HindIII 5' — GCAAGCTTCA —
3' — CGTTCGAAGA —
5' — GCA AGCTTCA — 3'
3' — CGTTCGA AGT — 5'
طرف لزج
Hae III 5' — ATAGGCCTGC — 3'
3' — TATCCGGACG — 5'
5' — ATAGG CCTGC — 3'
3' — TATCC GGACG — 5'
طرف غير حاد

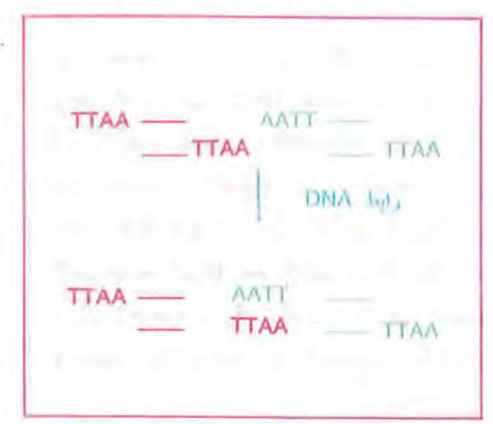
شكل (٣) تجزئة الـ DNA إلى قطع نهايات لزجة وأخرى غير حادة .

يتم حمل المادة الوراثية الجديدة وتكاثرها لابد من توفر شرطين أساسين، الأول: احتواء هذه المادة الوراثية على ما يعرف بمركز التكاثر (Origin of Replication) والثاني : اتحاد هذه المادة الوراثية مع المادة الوراثية للكائن الحي المضيف .

ولعل من أهم الأسباب التي أدت إلى تطور الهندسة الوراثية هو معرفة أن جزيء الـ (DNA) له القدرة أحياناً على التكاثر في الخلايا المضيفة ، وكذلك اكتشاف نوع من الأنزيمات النووية الداخلية يعرف بالأنزيمات المحددة ، ولقد استطاع العالم المشهور هاملتون سميث أن يعرف بالصدفة أن أحد أنواع البكتيريا (Haemophilus Infleunzae) لديه القدرة على إذابة جزيء (DNA) الفيروسات ملتهمة البكتيريا ، والقدرة على إذابة الـ (DNA) المعزول من بكتيريا القولون (E. Coli) ، ويعود هذا إلى وجود أنزيم نووي تم عزله على درجة عالية من النقاوة وأطلق عليه هاملتون سميث إسم (Hind III) ، وهو من الأنزيمات التي تعرف بالأنزيمات المحددة لأنها تقوم دائماً بتكسير جزيء الـ (DNA) عند مكان محدد ، بعد ذلك توالت اكتشافات الأنزيمات المحددة الأخرى التي يمتاز كل أنزيم منها بقدرته على قطع جزيء الـ (DNA) عند مواقع محددة ومعروفة ، ومن هنا أدرك علماء الأحياء أن هذه الأنزيمات المحددة ماهي إلا المفاتيح الرئيسة التي سوف تساعد على حل أسرار المادة الوراثية، ولقد أصبح من اليسير بوساطة هذه الأنزيمات المتخصصة تجزئة الـ (DNA) عند مواقع محددة إلى قطع معروفة الحجم والترتيب القاعدي ، ومن ثم عزلها بشكل نقي وكميات كافية عن طريق استخدام طرق الفصل المشهورة .

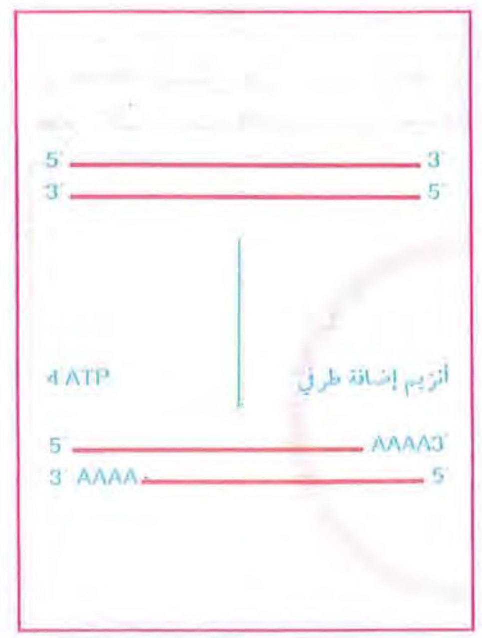
ومن المعروف الآن أن بعض الأنزيمات المحددة لديها القدرة على تقطيع الـ (DNA) إلى مستوى رباعي أو خماسي أو سداسي أو حتى ثماني من التسلسل القاعدي للنواتيدات ، فمثلاً أنزيم (EcoRI) يستطيع أن يتعرف على التسلسل القاعدي (GAATTC) ، بينما الأنزيم (Hind III) يميز الترتيب القاعدي (AAGCTT) ، أما أنزيم (Hae III) فيتعرف على (GGCC) ، ولعل الجدير بالملاحظة هنا أن الأنزيمات من نوع (Hind III, EcoRI) تقطع شريط الـ (DNA) مخلفة ما يعرف بالنهايات اللزجة المذيلة (Sticky ends) نظراً لأن جزيء الـ (DNA) المقطوع يتميز بشريط له ما يشبه الذيل، أما الأنزيمات من نوع (Hae III) فينتج عنها تجزئة الـ (DNA) إلى قطع ذات نهايات غير حادة (متساوية) كما في الشكل (٣) .

هناك أنزيمات أخرى تلعب دوراً أساساً في مجال التقنية الوراثية مثل الرابط (DNA ligase) وهذا يساعد على ربط قطعتين مختلفتين من الـ (DNA) وينتج عن ذلك (DNA) مولف (Recombinant DNA)، وبدون هذا الأنزيم يبطل مسمى الهندسة الوراثية، شكل (٤). كذلك يعتبر أنزيم




شكل (٤) عمل أنزيم الـ DNA الرابط .

الإضافة الطرفي (Terminal Transferase) من الأنزيمات المهمة في المساعدة على إضافة عدد محدد ومعروف من القواعد النواتيدية إلى النهايات الحرة لشريط الـ (DNA)، مكوناً مايعرف بالنهايات اللزجة والتي تسهل عملية التوليف الوراثي التي تعد أساساً حقيقياً للهندسة الوراثية، شكل (٥).




شكل (٥) إضافة عدد محدد من النواتيدات إلى الـ DNA

## ماهو دور الناقل ؟

تعتمد فكرة الهندسة الوراثية على ربط قطعة معينة من جزيء الـ (DNA) ولتكن ممثلة لمورث معروف مع قطعة أخرى من (DNA) مختلف يجب أن تكون لديها القدرة على التكاثر داخل خلايا المضيف ، يطلق على القطعة الأخيرة اسم الناقل (Vector) . يوجد الكثير من النواقل ولكن من أشهرها البـلازميـدات (Plasmids) و (DNA) الفيروسات والكـوزميدات (Cosmids) ، ولعل البلازميدات هي الأكثر شيوعاً في الاستخدام كنواقل مع العلم أن كل ناقل له مميزاته الخاصة ، وقد يكون البلازميد طبعياً أو مهجناً كما هو الحال في الدمج بين بلازميد (RSF2124) والبلازميد (PSC101) والبلازميد (PBR1) . يمتاز هذا البلازميد المهجن باحتوائه على مورثين ، احدهما مضاد لعقار التراسيكلين (Tetracycline) والآخر مضاد لعقـار الامبسلين ، (Ampicillin) وهذا البلازميد يرمز له (PBR322) ، شكل (٦) .

ولإيضاح مفهوم الهندسة الوراثية في أبسط صوره يمكن إيجاز خطوات هذه التقنية فيما يلي :

١ ــ عزل المادة الوراثية أو مادة الـ (DNA) وبشكل نقي ، ثم تكسيرها إلى قطع ذات ترتيب قاعدي متباين بوساطة الأنزيمات المحددة .

٢ ــ فصل هذه القطع من الـ (DNA) بـوساطـة التفريـد الكهربي بـالأجاروز الجيـلاتيني(Agarose gel electrophoresis) وعزل القطعة التي تحتوي على المورث المطلوب .

٣ ــ دمج القطعة التي تحتوي على المورث المطلوب مع (DNA) الناقل المناسب وذلك بمساعدة أنزيم الـ (DNA) الرابط .

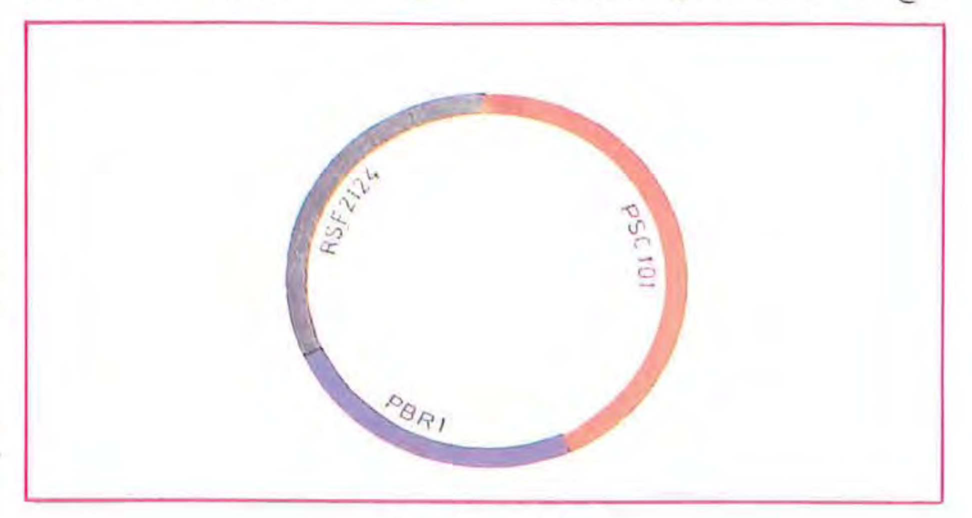
٤ ــ إدخال هذا الناقل المهجن إلى الخلايا المضيفة (العائل) - والتي قد تكون بكتيرية - من خلال الظاهرة المعروفة بالحمل أو التحول (Transformation) ، ومن ثم إتاحة الفرصة لهذا الـ (DNA) المهجن من التكاثر في وسط سيتوبلازم العائل وتتبع نتائجه الأيضية وقدراته الوراثية .

## ماهي تطبيقات الهندسة الوراثية ؟

لاشك أن علماء الأحياء يدركون مدى أهمية تطور هذا النوع من العلوم ويعدونه بمثابة المفتاح السحري لفهم الكثير من أسرار المادة الوراثية أو مادة الـ (DNA) التي تهيمن على جميع العمليات الحيوية الكيميائية للخلايا الحية ، فلقد استغل علماء الأحياء الجزيئية هذه التقنية الجديدة للإستفادة منها على المستوى العلمي والطبي وكذلك الصناعي والزراعي حيث تمكنوا من عزل بعض المورثات بشكل نقي وبكميات وفيرة ، وحفزوها عن طريق تلقيحها في البكتيريا للقيام بعمليات أيضية مفيدة ، فقد تمكنوا من عزل مورث (DNA) الإنسان المسؤول عن تصنيع هرمون الأنسولين ومن دمجه مع بلازميد له القدرة على التكاثر في الخلايا البكتيرية ، وحث الأخيرة على التكاثر وافراز ذلك الهرمون الغالي الثمن والمطلوب بشكل كبير لعلاج من يعانون من مرض السكر . استفاد العلماء أيضاً من هذه التقنية المتقدمة في إنتاج بعض مضادات السرطان ومضادات الفيروسات مثل مادة الانترفيرون ، كما استطاعوا تشخيص الكثير من الأمراض الوراثية وبشكل سريع ودقيق مثل أمراض الدم والسرطان ونقص المناعة وأمراض التليف الحويصلي وكذلك أمراض السكر الوراثي .

يبذل المهتمون بالمجالات الصناعية جهوداً متصلة لمعرفة أسرار هذه التقنية والإستفادة منها بأسرع وقت لإدراكهم بأنها مفتاح الثراء ، ويجري العلماء الآن العديد من المحاولات لتهجين المادة الوراثية لبعض الكائنات الدقيقة حتى يكون بمقدورها القيام بعمليات حيوية أيضية سريعة قد يستفاد منها في عمليات التخمر أو عمليات انتاج مواد تدخل في التصنيع مثل بروبلين الجليكول الذي يستخدم في صناعة البلاستيك ، أو أكسيد الاثيلين الذي يستعمل في تصنيع البولي استر ، كما أن تحسين السلالات البكتيرية كتحسين السلالات المستخدمة في تصنيع الأجبان للحصول على ناتج طيب المذاق والرائحة قد يجعلها تلعب هي الأخرى دوراً بارزاً في عمليات التصنيع الغذائي .

ويطمع إنسان العصر الحديث أن يطور هذه التقنية ويستفيد منها في تحسين إنتاج الثروة النباتية والحيوانية على حد سواء ، كما يطمع في القضاء على المخلفات والفضلات التي تقذف بها الأنشطة الصناعية المعاصرة .




شكل (٦) البلازميد المهجن .



# التقنية الحيوية في الزراعة

د. عبد الغفار الحاج سعيد
كلية الزراعة - جامعة الملك سعود

حسب تقديرات منظمة الأمم المتحدة ، فإن عدد سكان العالم سيصل إلى ستة بلايين نسمة بحلول عام ٢٠٠٠م وهناك فجوة متزايدة بين متطلبات الإنسان الغذائية وانتاج الموارد الزراعية المتاحة ، وقد شهد النصف الأخير من القرن العشرين طفرة في الإنتاج الزراعي حين تم اتباع استراتيجية تعتمد أساساً على الطاقة البترولية والميكنة في كثير من العمليات الزراعية ، بجانب الاعتماد على الانتاج الكيميائي في تغذية النبات ومقاومة الآفات ، غير أن الاستخدام المتزايد لهذه المدخلات الزراعية قد خلف آثاراً مدمرة على البيئة والحياة الحقلية مما نتج عنه تدهور وانقراض معظم الأصناف المحلية المتأقلمة والأصول الوراثية البرية التي تحمل صفات وراثية مرغوبة في عمليات تربية وتحسين النباتات يصعب تعويضها ، فبالرغم من المساهمة الفعالة لعلماء تربية النبات في تحسين الكم والنوع لكثير من المحاصيل المستزرعة ، فإن الإنحسار في الأنواع والأجناس النباتية البرية التي تحمل صفات وراثية مرغوبة تفتقر إليها قريباتها المستزرعة ، قد قلل كثيراً من عمليات التحسين الوراثي للنباتات المستزرعة وقد استدعى ذلك الأمر اتباع وسائل جديدة للمحافظة على السلالات المرغوبة وتوسيع قواعد الأصول الوراثية وتقصير الفترة الزمنية اللازمة للحصول على الهجن الوراثية وبفضل الله ثم جهود العلماء التطويرية أمكن تطويع طرق زراعة الاحياء الدقيقة على بيئات صناعية لتشمل النباتات العليا وسميت التقنية الجديدة زراعة الأنسجة النباتية ، وتتلخص فكرتها في أن جميع الأجزاء النباتية من خلايا وأنسجة وأعضاء لها المقدرة الذاتية على أن تحيا وتنقسم وتتشكل عند زراعتها منفصلة عن النبات الأم في قوارير مع توفر الوسط الغذائي الذي يفي بكافة احتياجاتها اللازمة لجميع أوجه نشاطها الفسيولوجي وذلك تحت ظروف بيئية متحكم فيها ، ويهمنا في هذه العجالة القاء بعض الضوء على الملامح العامة لهذه التقنية وبعض التطبيقات الحالية التي نتجت عنها .

## التقنيات المستخدمة في الزراعة

### ١- زراعة الأعضاء النباتية :

(أ) زراعة البراعم الطرفية والجانبية :

تستخدم هذه التقنية للحصول على نباتات عديدة متشابهة فيها بينها ومشابهة للنبات الأم في الصفات الوراثية وذلك بزراعة برعم واحد في بيئة غذائية تحفز تكشفه ونمو التفرعات الجانبية ، ثم تفصل هذه الفروع الجديدة وتنقل إلى بيئات تساعد على التجذير وبذلك أمكن الإسراع بإكثار العديد من الأنواع النباتية المرغوبة بطيئة التكاثر ، كما يمكن الحفاظ على بعض الأنواع المهددة بالإنقراض عن طريق حفظها في بيئات غذائية تؤمن نموها البسيط أو حفظها بالتجميد في درجات حرارة دون الصفر المئوي ، وبوساطة زراعة قمة الساق أو الخلايا الطرفية المولدة مع واحدة أو اثنتين من بادىء الأوراق يمكن الحصول على نباتات خالية من الأمراض الفيروسية وشبيهاتها خاصة في النباتات التي ظلت تتكاثر خضرياً لفترات طويلة ، ومن أمثلة زراعة البراعم الطرفية والجانبية زراعة الفراولة والموز والقرنفل والكافور .

(ب) زراعة المتاع :

كان اجهاض الجنين من أهم المشاكل التي تواجه علماء تربية النباتات ، ففي الكثير من حالات التهجين تتم عملية الاخصاب دون أن يتكون نسيج السويداء المغذي والمهم لاتمام عملية النمو وظهور الجنين ، الأمر الذي يؤدي إلى ضعف الجنين وعدم مقدرته على الانبات واجهاضه في بعض الأحيان . يتم عزل مثل هذه الأجنة بعد تكوينها مباشرة باستعمال طرق زراعة الأنسجة ، وتزرع في بيئات صناعية تتوفر فيها المواد الغذائية اللازمة لانبات تلك الأجنة والحصول منها على نباتات كاملة .

وفي حالات أخرى تفشل عملية الاخصاب نتيجة لموانع فسيولوجية أو شكلية أو بيئية وهنا تجري عمليات التلقيح الاصطناعي في الأنابيب بزراعة متاع الزهرة بكامله أو أجزاء خاصة منه ويتم الحصول على هجن يصعب الحصول عليها بطرق التربية التقليدية، وتمثل نباتات الطماطم نوعاً من النباتات التي يمكن زراعتها بهذه الطريقة .

(جـ) زراعة المتك والبويضة :

يحتوي المتك على الجاميطات (الأمشاج) الذكرية ، والبويضة على الجاميطات الأنثوية وقد أمكن الحصول على نباتات كاملة من هذه الجاميطات تتميز بأنها أحادية الصبغية ومن الممكن مضاعفة صبغياتها كيميائياً . هذه النباتات ذات أهمية كبيرة لعلماء تربية النباتات فهي تسهم في عمليات تثبيت صفات مرغوبة في فترة زمنية وجيزة ، ويمكن أيضاً تعريض حبوب اللقاح إلى عوامل اجهاد ثم عزل ماينمو منها عند أعلا مستوى من عامل الاجهاد مما يتيح الفرصة للصفات المتنحية للظهور وزيادة الاحتمالات لانتخاب وعزل أصناف جديدة ، فقد تمكن العلماء في ألمانيا الاتحادية من انتخاب أصناف شعير مقاومة لمرض التبرقش الأصفر الفيروسي ، وكذلك في هاواي تمكن العلماء من الحصول على نباتات قصب سكر ذات انتاجية عالية .

(د) زراعة الجذور :

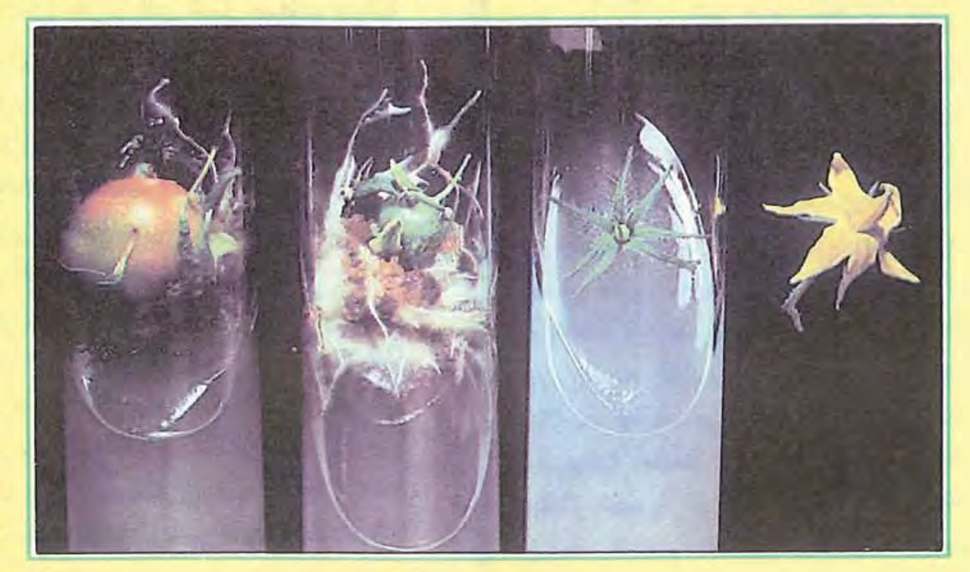
تزرع قمم الجذور والجذور الجانبية في بيئات صناعية بصورة متواصلة بتكرار النقل على فترات إلى بيئات جديدة . تفيد هذه التقنية في دراسات وظائف الأعضاء ودراسات الأمراض لتحديد العلاقة بين مسبب المرض والنبات المصاب . كما تستخدم أيضاً في إنتاج نباتات خالية من الأمراض الفيروسية وفي انتاج مواد كيميائية تدخل في صناعة الأدوية ومواد حفظ وتلوين الأغذية وقد أمكن بهذه الطريقة زراعة الطماطم والحمضيات ، وحالياً تجري الأبحاث والدراسات لنقل خاصية تثبيت الأزوت الجوي من جذور البقوليات إلى نباتات محاصيل الحبوب باستخدام تقنية زراعة الجذور .

(هـ) زراعة الأوراق :

تستخدم زراعة الأوراق في بيئات صناعية خاصة لدراسة العلاقة بين النبات المضيف والآفات المتطفلة وفي الإكثار السلالي لبعض نباتات الزينة وإنشاء مزارع الكدب (Callus) ، وقد تم استخدام هذه الطريقة في زراعة نباتات جلد النمر والنخيل .

## ٢ـ زراعة الأنسجة :

يتكون النسيج النباتي من مجموعة خلايا متميزة في وظائفها وفي تركيبها الشكلي . . فنسيج «النيوسيلا» في الحمضيات مثلاً نسيج غذائي خارج الكيس الجنيني تتكون من خلاياه أجنة عرضية في بعض أنواع الحمضيات وبصورة طبعية بالإضافة للجنين الجنسي ، وعند عزل تلك الأجنة وزراعتها في بيئات صناعية تنبت وتكون نباتات كاملة مشابهة للنبات الأم ومتشابهة فيما بينها في الصفات الوراثية ، كما أنها تكون خالية من الأمراض الفيروسية . وبزراعة نسيج السويداء يمكن الحصول على نباتات ثلاثية الصبغية عديمة البذور تمثل هجن جنسية ناتجة من مجموعة واحدة من صبغيات الأب ومجموعتين من النبات الأم . غير أن أكثر أنسجة النبات استخداماً في تقنية زراعة الأنسجة هو نسيج الكدب وهو نسيج الجروح الذي يتكون بصورة طبعية نتيجة لجرح الأجزاء النباتية لمنع سريان العصارة خارج أنسجة النبات ومنع تلوث الجرح بالملوثات ويمكن تحفيز تكون نسيج الكدب في بيئات صناعية تحتوي على تركيزات عالية نسبياً من الأوكسين (Auxin) خاصة منظم النمو ٢، ٤-د (2. 4-D) .



صورة (١) متاع نبات طماطم ملقح بحبوب برية

يستخدم نسيج الكدب في الحصول على نباتات عديدة تختلف فيما بينها وتختلف عن النبات الأم في الصفات الوراثية ، وقد استخدمت هذه الطريقة في انتاج أصناف جديدة لعدد من نباتات الزينة وقصب السكر والبطاطس ، وتعد زراعة الخلايا المفردة امتداداً لزراعة الكدب .



صورة (٢) نباتات نسيج الكدب من براعم النخيل .

## ٣ـ زراعة الخلايا العالقة :

يتم الحصول على خلايا مفردة من نسيج الكدب بعد نقله إلى بيئة سائلة، إما ميكانيكيا بالرج وإما بإضافة تركيزات مخففة من أنزيمات خاصة تساعد على تفكك الخلايا بعضها من بعض. تمثل كل خلية من هذه الخلايا المفردة سلالة وذلك للاختلافات الوراثية المضمنة فيها والتي عادة ماتزداد عند زراعة الخلايا في بيئات صناعية .

تمثل هذه الخلايا المفردة مصدراً قيماً للأصول الوراثية، أطلق عليه مصطلح «الاختلافات السلالية الجسدية»، وقد استغلت هذه الخاصية في عزل نباتات ذات صفات وراثية مرغوبة، فمثلاً للحصول على نباتات تتحمل الملوحة يتم تحديد البيئة المثلى لنمو وتكاثر الخلايا المفردة ثم تنقل هذه الخلايا وهي في طور نموها النشط إلى بيئة مماثلة للبيئة المثلى مضافاً إليها تركيزات متزايدة من الأملاح وتحضن الخلايا بعد الزراعة في غرف خاصة لفترة من الزمن ثم تعزل الخلايا التي تنمو وتتكاثر عند أعلا تركيز ، وبعد التأكد من ثبات صفة مقاومة الملوحة تنقل الخلايا إلى بيئة أخرى لتحفيز تكوين نباتات كاملة . يدرس انتقال الصفة إلى تلك النباتات وكذلك انتقالها إلى سلالتها بعد إجراء عمليات التكاثر . يمكن أيضاً وباتباع نفس الطريقة عزل خلايا تحمل صفات المقاومة لعوامل الاجهاد الحيوي وغير الحيوي ، وقد تم بالفعل الحصول على نباتات تتحمل الجفاف والصقيع ومقاومة للأمراض .

هذا ولا تخلو هذه الطريقة من بعض العقبات التي واجهت الباحثين وأهمها عدم الحصول على نباتات كاملة من خلايا طافرة ، وعدم انتقال الصفة المكتسبة أو ثباتها في بعض الحالات التي تم فيها الحصول على نباتات كاملة .

## ٤ـ زراعة الخلايا العارية :

واصل العلماء جهودهم لتحسين كمية ونوعية الانتاج داخل الخلايا وتمكنوا من إزالة جدار الخلية النباتية باستخدام أنزيمات هاضمة وتحصلوا على خلايا جسدية عارية . وقد استبشر العلماء خيراً حين نجحوا في تحفيز اندماج الخلايا العارية والذي سمي بتقنية التهجين الجسدي. وحصلوا بذلك على هجن جسدية بين الأنواع المختلفة خاصة وأن هناك كثيراً من النباتات البرية تحمل صفات وراثية مرغوبة مثل مقاومة الأمراض ومقاومة الحشرات وتحمل الملوحة والجفاف، ويعد نقل هذه الصفات إلى النباتات المستزرعة ذا فائدة عظيمة في تحقيق الزيادة المنشودة في الإنتاج الزراعي خاصة وأن التنافر الجنسي بين الأنواع والأجناس النباتية المستزرعة والبرية قد أدى إلى فشل عمليات الحصول على هجين جنسية .

ويعلق العلماء آمالاً عريضة على تقنية زراعة الخلايا العارية بالرغم من أن الهجن التي تم الحصول عليها لم تكن ذات فائدة تطبيقية، فهجين الطماطم والبطاطس الذي أطلق عليه لقب «بطاطم أو طماطس» وهو من نباتات العائلة البانجانية أنتج درنات صغيرة على جذوره وثمار طماطم صغيرة على أغصانه تحتوي على بذور رديئة، ولم يكن هجين الفجل والكرنب من العائلة الصليبية بأحسن حالاً من البطاطم، فقد حمل الهجين أوراق الفجل وجذور الكرنب ولم تكن له



صورة (٣) هجين جسدي .

أهمية اقتصادية، وقد واجهت تقنية اندماج الخلايا العارية بعض الصعوبات أهمها عشوائية الاندماج ، وعدم وجود طرق للتعرف على الهجن وعزلها من الزرعة ، هذا بالإضافة إلى عدم النجاح في انتاج نباتات كاملة من الخلايا المندمجة ، وحديثاً طورت طرق جديدة مازالت في أطوار التجربة لعزل الهجن من المزارع .

وهناك بعض الصفات الوراثية في النباتات يتم توارثها عن طريق المادة الوراثية الموجودة في جسيمات أخرى غير النواة ، فصفة العقم الذكري مثلاً يحملها المايتوكوندريا بينما تحمل البلاستيدات الخضراء صفة تحمل مبيد الحشائش «اتريزان» ، ولصعوبة توارث مثل هذه الصفات جنسياً استخدمت تقنية زراعة الخلايا العارية في نقل هذه الصفات المرغوبة لبعض النباتات المستزرعة ، شكل (١) .

وقد تمكن العلماء في جامعة ويسكنسون بالولايات المتحدة الأمريكية من نقل صفات مرغوبة من بطاطس برية إلى البطاطس المستزرعة بوساطة طرق التهجين الجسدي حيث يصعب نقلها بوساطة التهجين الجنسي .

شجعت النتائج التي تم احرازها بعد إزالة الجدر الخلوية العلماء على محاولة اختراق غشاء الخلية ونقل المادة الوراثية ميكانيكياً من خلية إلى أخرى بوساطة عمليات الجراحة والحقن الدقيقتين أو إضافة المادة الوراثية إلى خلايا عارية نامية في بيئة صناعية ، وفي كثير من الأحيان تلتهم الفجوة العصارية المادة الوراثية والجسيمات الغريبة التي تقتحم الخلايا النباتية ولا يتم الاندماج بين المواد الوراثية ولا تتكون هجن جسدية ، واستمرت المحاولات وكثفت البحوث في المعاهد المتخصصة خاصة بعد الاهتمام الكبير الذي صاحب هذه الإنجازات المثيرة من شركات القطاع الخاص في كثير من أقطار العالم وبدأت هذه الشركات في الاستثمار التجاري في هذه المجالات ، وقد أسفر التنافس بين هذه الشركات عن تطوير تقنيات عديدة جديدة ومثيرة تبشر بنتائج باهرة .

## ٥ ـ هندسة الوراثة :

بعد النجاح الذي حققه العلماء في التحكم في إنتاج نباتات كاملة من خلية عارية اقتحموا النواة ودرسوا المادة الوراثية الموجودة بها وتعرفوا على تركيبها وخواصها ودورها في حمل ونقل الصفات الوراثية .

اكتشف العلماء مايعرف «بالأنزيمات المحددة» والتي تستخدمها البكتيريا في الدفاع عن نفسها عند تعرضها لغزو بعض الكائنات حيث تقوم هذه الأنزيمات بقطع المادة الوراثية لتلك الكائنات إلى قطع صغيرة وفي أماكن محددة مبطلة بذلك ضررها ، كذلك تمكن العلماء من اكتشاف مجموعة أنزيمات بكتيرية تقوم بوصل الشريط الوراثي عند حدوث انفصال في بعض أجزائه أطلق عليها اسم «الأنزيمات الواصلة» ، وقد استغلت هذه الاكتشافات في مايسمى بتقنية اعادة اتحاد الحامض النووي منقوص الأوكسجين وتقنية دمج المورثات، التي يمكن توضيحها في شكل (٢)، وتلخيصها بإيجاز في الخطوات التالية : ـ

١ ـ يتم أولاً التعرف على المورثات التي تتحكم في خصائص وراثية مرغوبة في بكتيريا مانحة وافتقار هذه الخصائص في بكتيريا أخرى مستقبلة .

٢ ـ يتم اختيار الأنزيم المانع الذي يفصل المورثات من الشريط الوراثي للبكتيريا المانحة .

٣ ـ تنزع المادة الوراثية الحلقية (بلازميد) في البكتيريا المستقبلة ويزال جزء من الحلقة مماثل في الطول للمورثات التي تم فصلها من البكتيريا المانحة .

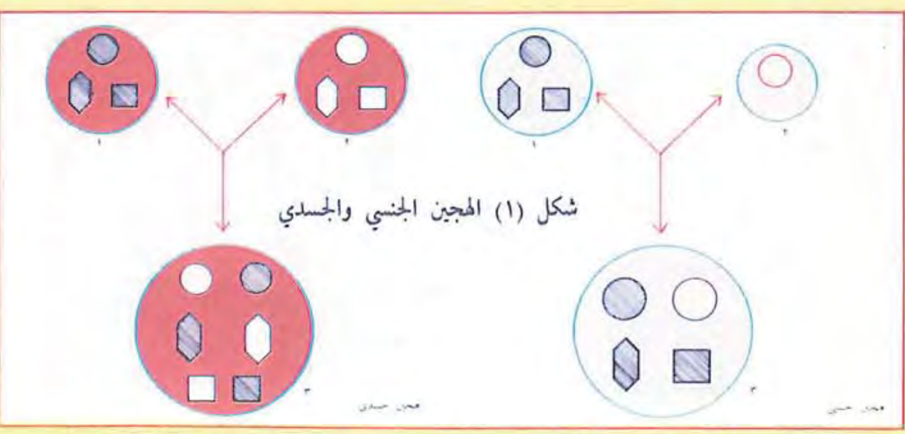
٤ ـ ترشق المورثات الخاصة بالبكتيريا المانحة لتكون جزءاً من حلقة «بلازميد» البكتيريا المستقبلة .

٥ ـ تنقل هذه الحلقة الوراثية المعاد اتحادها إلى البكتيريا المستقبلة مرة أخرى .

٦ ـ تقوم المورثات المنقولة بالتعبير عن نفسها في البكتيريا الجديدة بعد اكثارها وانتاج المواد الكيميائية الخاصة بها .

٧ ـ تكتسب البكتيريا المستقبلة خصائص وراثية جديدة .

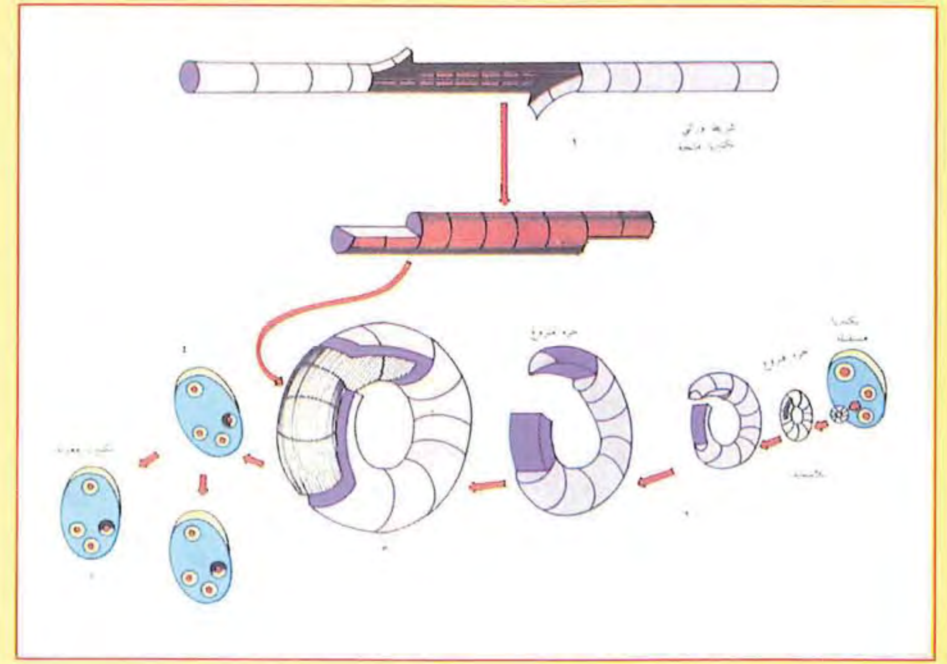
وقد لجأ العلماء إلى تطبيق تقنية الهندسة الوراثية في النباتات العليا وطوروا ثلاث طرق لإدخال المادة الوراثية في الخلايا النباتية ، كان أولها وأهمها استخدام البكتيريا مسببة السرطان في النباتات (مرض التدرن التاجي) ، وبالنظر لما يحدث في الطبيعة وجد العلماء أن أحد أنواع البكتيريا (Agrobacterium Tumefaciens) يمثل مهندس الوراثة في الطبيعة ، فمرض التدرن التاجي


شكل (١) الهجين الجنسي والجسدي

مرض بكتيري يصيب أكثر من ٩٠ عائلة نباتية من ذوات الفلقتين وعاريات البذور ، ومن أعراضه نمو وتضخم في منطقة الإصابة . تغزو البكتيريا الموجودة في التربة تحت الظروف الطبيعية أنسجة النبات من خلال الجروح وتلتصق بجدر الخلايا حيث تقذف بجزء من مادتها الوراثية الحلقية (بلازميد) داخل الخلايا النباتية .

يندمج هذا الجزء مع المادة الوراثية للخلايا النباتية في النواة ويعبر عن نفسه بإنتاج أحماض أمينية تسمى «أوبينز» ، وسكريات فوسفاتية تعيش عليها البكتيريا كمصدر غذاء لها ، وبهذا تستعمر البكتيريا الخلايا النباتية المصابة وراثياً عند غزوها لها وتوجهها لإنتاج مواد كيميائية غريبة لا تنتجها النباتات السليمة .

تعرف العلماء على جزء الشريط الوراثي الذي تقذفه البكتيريا داخل الخلايا النباتية والذي يسبب السرطان (محفز التدرن «م ت» ) وتمكنوا من نقله إلى نباتات قابلة للإصابة بالبكتيريا ، وتحصلوا على أعراض التدرن رغم عدم وجود تلوث بكتيري ، ويعد التدرن صفة مميزة لحدوث التحول الوراثي باستخدام البلازميد (م ت) في نقل المورثات إلى داخل الخلايا النباتية ، وتتميز البلازميدات محفزة التدرن بكبر حجمها ، كما وأنها تستنسخ نفسها تلقائياً ، وقد تمكن العلماء من إدخال البلازميد (م ت) في أنسجة نباتات الدخان ، الطماطم ، دوار الشمس ، اللوبيا ، البتونيا ، بالعدوى الطبعية حيث تحدث إصابة النباتات بمرض التدرن بالإضافة إلى نقل المورثات إلى النباتات السليمة ، وحديثاً تمكن العلماء من نزع جزء المورث الذي يسبب التدرن من البلازميد (م ت) وإبطال مفعوله . يمكن أيضاً استخدام أنواع البكتيريا الأخرى في نقل المورثات بين الكائنات الحية وبنفس الطريقة التي طورتها البكتيريا مسببة السرطان ، واستخدمت الفيروسات النباتية التي تتكون مادتها الوراثية من شريط واحد من حامض نووي منقوص الأكسجين خاصة فيروس تبرقش القرنبيط الذي يعد من أكثر الفيروسات التي درسها العلماء ، وحديثاً استطاع العلماء إدخال المادة الوراثية وأجزاء منها في أنوية الخلايا النباتية بإضافتها إلى مزارع الخلايا العارية أو إدخالها ميكانيكياً بوساطة الحقن الدقيق في الخلايا العارية .



شكل (٢) طريقة تراكب المورثات للحصول على أصناف جديدة ذات صفات مرغوبة

## بعض الانجازات

سلك الباحثون في إحدى الشركات الأمريكية طريقاً آخراً سهلاً وسريعاً وذلك بتحوير صفات سلالة من أحد أنواع البكتيريا (Pseudomonas Fluorescens) التي تستعمر سطح العديد من النباتات بنقل مورثات لمادة سامة تفرزها بكتيريا أخرى (Bacillus Thuringiensis) إليها ، وذلك بوساطة تقنية التوليف الوراثي ، وقد تم الحصول على سلالة محورة تستعمر جذور الذرة وتحميها من الإصابة بالدودة القاطعة السوداء التي تصيبها مسببة تدني في إنتاج المحصول ونوعيته .

وفي جامعة كاليفورنيا يحاول العلماء زيادة مقاومة النباتات للصقيع وذلك عن طريق تحوير نوع من البكتيريا (Pseudomonas Syringae) تستطيع أن تعيش في قشرة العديد من النباتات بصورة طبعية وتكون عند انخفاض درجات الحرارة المركز الذي يبدأ عنده تكوين بلورات الثلج التي تسبب تجريح القشرة وموت الأنسجة ، وقد نجح العلماء في نزع المورث الخاص بتكوين بلورات الثلج من تلك البكتيريا ، وتمكنوا من زيادة مقاومة تلك النباتات لدرجات الحرارة الدنيا عن طريق إجراء عمليات العدوى الإصطناعية بالبكتيريا المحورة .

وفي مجال مبيدات الحشائش نجح باحثو شركة أمريكية أخرى في انتاج نباتات طماطم مقاومة للمبيد «بروكسينيل» بعد أن عزلوا من أحد أنواع البكتيريا ـ التي تعيش في التربة بصورة طبعية ـ المورث الذي يجعل بإمكانها هضم وتمثيل المبيد ، وبعد نقل المورث لخلايا وأنسجة نباتات الطماطم تبين أن المورث يكون «أنزيم» يحلل المبيد . وهناك شركة أخرى تسعى لإدخال بعض الخواص الجديدة لأوسع مبيداتها انتشاراً وأكثرها مبيعاً والمسمى تجارياً «رواند-أب» وهو منتج فوسفاتي القواعد ومن ميزاته أنه غير ضار للكائنات الحية الأخرى ماعدا النباتات وليست له أضرار بيئية ، ويؤثر على النباتات في تركيزات منخفضة ، ولكن من

أهم عيوبه أنه غير متخصص ويبيد كل النباتات الخضراء ، وقد تمكن العلماء من عزل نوع من البكتيريا (Salmonella) مقاوم لهذا المبيد بعد أن زرعوا خلاياها في تركيزات متزايدة من المبيد في بيئات إصطناعية وحددوا المورث الذي أكسب البكتيريا المناعة ، ويحاول العلماء حالياً نقل هذا المورث إلى خلايا النباتات عسى أن يعبر عن نفسه في أنسجة النباتات العليا حتى يمكن رش المبيد ليقتل كل الحشائش ويترك نباتات المحصول بدون ضرر .

ويحاول الباحثون الزراعيون كذلك نقل خاصية تثبيت الأزوت الجوي في نباتات محاصيل الحبوب مثل القمح والأرز والذرة مستوحين ذلك بما يحدث بصورة طبعية من ارتباط تكافلي بين نباتات البقوليات والبكتيريا مثبتة الأوزت الجوي ، وقد حدد العلماء المورثات المسؤولة عن تثبيت الأزوت الجوي وتم نقلها إلى بكتيريا القولون (E. Coli) لكي تثبت بدورها الأزوت الجوي . وقد استطاع العلماء بعد ذلك نقل المورثات الخاصة بتثبيت الأزوت الجوي إلى البكتيريا المسببة للسرطان (A. Tumefaciens) بغرض نقله إلى النباتات العليا ، غير أن المحاولات الأولى لم يحالفها النجاح .

## مميزات التقنية الحيوية

في نهاية موضوعنا هذا يهمنا أن نلخص المميزات والتحديات التي تواجه العلماء في سعيهم لتحسين كمية ونوعية الإنتاج الزراعي ، ومن أهم مميزات الإنجازات العظيمة التي تم تحقيقها عن طريق التقنية الحيوية مايلي :

١ ـ توفر طرق التقنية الحيوية في المقام الأول الوقت اللازم للحصول على أصناف نباتات جديدة ، سواء عن طريق الخطوة الواحدة في حالة استخدام طرق دمج المورثات أم خلال فترات قصيرة بوساطة الطرق الحيوية الأخرى ، بينما يحتاج ذلك إلى عدة سنوات باستخدام طرق التربية التقليدية .

٢ ـ توفر تلك الطرق كذلك الحيز المكاني للتقويم والانتخاب والعزل والاكثار ، ففي امكان باحث واحد تقويم أكثر من مائة مليون خلية في صحن «بتري» واحد وانتخاب الخلايا الطافرة وعزلها وتحفيز تكوين نباتات كاملة منها ، بينما يحتاج ذلك إلى مساحات شاسعة من الأراضي وإلى الكثير من العمالة والعناية في حالة تقويم انسال ناتجة من التهجين الجنسي التقليدي .

٣ ـ اثراء الأصول الوراثية وتنويعها بوساطة زراعة الكدب والخلايا المفردة وما يحتويانه من اختلافات وراثية جسدية .

٤ ـ الإستفادة من الصفات الوراثية للنباتات البرية ونقل المرغوب منها إلى قريباتها المستزرعة عن طريق التهجين الجسدي - في الحالات التي فشلت فيها طرق التهجين الجنسي - وزراعة الأجنة .

٥ ـ ساهمت طرق التقنية الحيوية في الإسراع بعمليات تربية وتحسين الأشجار المعمرة خاصة وأن هذه النباتات تتميز بطول فترة النمو مما يباعد بين الأجيال المتتالية إضافة إلى تعقد صفاتها الوراثية .

٦ ـ حفظ الأصول الوراثية للنباتات المستزرعة والأصناف ذات الصفات الوراثية المرغوبة في أنابيب تحت ظروف إصطناعية متحكم فيها خالية من الأمراض وبمنأى عنها في مساحات صغيرة وبتكلفة يسيرة وبذلك يمنع تدهورها الوراثي وانقراضها .

٧ ـ سهولة تبادل النباتات بين الأقطار المختلفة وانتقالها عبر المحاجر الصحية .

٨ ـ الإكثار السلالي السريع لأصناف مرغوبة ولأصناف جديدة تحت التقويم .

٩ ـ تعد طريقة زراعة قمة الساق والخلايا القمية المولدة ، الطريقة الوحيدة للحصول على نباتات خالية من الأمراض الفيروسية وشبيهاتها من نباتات مصابة ومرغوبة تجارياً خاصة تلك النباتات التي عادة مايتم إكثارها خضرياً مثل الحمضيات والبطاطس .

من العقبات التي تقابل الباحثين في سعيهم لاستغلال طرق التقنية الحيوية ومحاولاتهم لتخطيها مايلي : ـ

١ ـ رغم أن كل خلية نباتية لديها المقدرة على تكوين نبات كامل إلا أن هنالك الكثير من النباتات التي فشلت محاولات العلماء لتطويعها والحصول على نباتات كاملة في الأنابيب من خلاياها خاصة الأشجار والنباتات ذوات الفلقة الواحدة .

٢ ـ عدم وجود طرق للتعرف على الهجن الجسدية والتي قد تتكون بين أنواع مختلفة عند أو نتيجة عزلها رغم أن العلماء قد طوروا أجهزة خاصة تعتمد على اختلاف



صورة (٤) أجنة نخيل خضري.

تلوين الخلايا العارية بحيث يأخذ الهجين لون الخليتين المتحدتين .

٣ ــ صعوبة التعرف على المورثات في النباتات والتي تحمل صفات مرغوبة وكيفية عزلها من بين المورثات النباتية الأخرى .

٤ ــ صعوبة نقل بعض المورثات داخل بعض الخلايا النباتية ، فالبكتيريا مسببة السرطان لا تغزو إلا النباتات ذات الفلقتين ، والفيروس مسبب مرض تبرقش القرنبيط لا يصيب إلا نباتات العائلة الصليبية .

٥ ــ سببت بعض الانجازات الخاصة بإنتاج نباتات تصنع مبيداتها الحشرية بنفسها وأخرى مقاومة للأمراض ، الازعاج للشركات التجارية المصنعة للمبيدات الكيميائية فدخلت ميادين التقنية الحيوية وسيطرت على الأبحاث الخاصة بدمج المورثات ، ورغم النجاح في إنتاج نباتات جديدة ذات صفات وراثية مرغوبة ثبت صمودها وانتقالها من جيل إلى آخر ، إلا أن بذور تلك النباتات لم تطرح في الأسواق خوفاً من انتشار تداولها .

وحديثاً تمكنت إحدى الشركات الأمريكية من تطوير طريقة جديدة تؤمن مقاومة النباتات ضد الحشرات دون أن تكون هذه الصفة ثابتة أو يمكن توارثها جنسياً بوساطة البذور ، فقد استخدمت بكتيريا تعيش داخل الأنسجة النباتية دون أن تسبب أي أذى أو دمار ، وتم نقل مورثات تختص بإنتاج سم يفرزه أحد أنواع البكتيريا الأخرى (B. Thuringiensis) في بلازميدات نوع مختار من البكتيريا التي تعيش داخل الأنسجة النباتية ، وبطرق ميكانيكية تم احداث شقوق صغيرة في قصرات بذور الذرة الشامية لتدخل من خلالها البكتيريا المحسنة إلى أنسجة البذور قبل جفافها ، وبعد انبات البذور تتكاثر البكتيريا في النبات وتعيش داخل خلاياه وتحميه من الآفات . وهكذا ينتهي مفعول البكتيريا بإنتهاء دورة حياة النبات وبهذا تتحكم الشركة في هذا النوع من البذور .



# التقنية الحيوية في ازالة التلوث وحماية البيئة

د. أمين النواوي
معهد الكويت للأبحاث العلمية

يصاحب التقدم العالمي في الصناعة والزراعة والعمران وأوجه النشاطات الأخرى زيادة في كميات النفايات وأنواع المواد الملوثة للبيئة مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان والنبات والكائنات الحية الدقيقة المفيدة . . . الأمر الذي دعا الدول لبذل المزيد من الجهود في البحث عن وسائل للتخلص من هذه الملوثات ، وبدأت الدراسات لتقليل تلوث البيئة سواء بإيجاد وسائل تقليل كميات هذه الملوثات أم بابتكار وسائل للتخلص منها أم محاولة إعادة استخدام هذه الملوثات لانتاج منتجات جديدة .

وعلى كل حال فإن البدائل المقترحة للتعامل مع الملوثات يجري تقويمها تقنياً وبيئياً واقتصادياً وتلعب التقنية الحيوية دوراً رئيساً في كل المجالات .

## أولاً- في مجال مقاومة الآفات

ان انتشار العديد من الآفات سواء في المجتمعات الزراعية أم المجتمعات السكانية استتبعه انتاج العديد من المبيدات الكيمياوية المتخصصة للقضاء على بعض أنواع هذه الآفات . . . ولكن انتشار استعمال المبيدات الكيمياوية له أثر ضار على تلوث البيئة سواء بتلويث التربة أم بالاضرار بالحيوانات والقضاء على الأعداد الحيوية من الحشرات والفيروسات التي تصيب الضار منها أم بالعاملين في مجال استخدام هذه المبيدات . . .

وفي هذا المجال فإن التقنية الحيوية تقوم بدور هام في تقليل التلوث بالمبيدات الكيمياوية ، ويتلخص هذا الدور فيما يلي :

١ ــ اكثار أنواع البكتيريا والفطريات والحيوانات الأولية التي لها القدرة على التخلص من عدة أنواع من الحشرات الضارة ، وهذه الأنواع المختارة ليس لها أي

تأثير سام على الإنسان أو الحيوان أو النبات ، بل هي ذات تأثير متخصص للقضاء على الآفات المستهدفة فقط ويتم إكثار هذه الكائنات المفيدة بعد اختيارها بطرق التخمير المتداولة في مجال التقنية الحيوية . وقد تم بالفعل الإنتاج الموسع لنوعين من البكتيريا العضوية وثلاثة أنواع من الفطريات وأربعة أنواع من الفيروسات ذات التأثير المتخصص على بعض أنواع الآفات الضارة ، وهي في ذات الوقت ليس لها أي تأثير ضار على غيرها من الكائنات الحية ، ومازالت البحوث مستمرة لعزل العديد من أنواع البكتيريا والفطريات والحيوانات الأولية والفيروسات والحشرات واختبار الأنواع الممرضة لأنواع معينة من الحشرات الضارة ، وقد وصل عدد الأنواع المعزولة حتى الآن مايزيد عن ١٠ أنواع من البكتيريا و٣٠٠ نوع من الحيوانات الأولية و٧٠٠ فيروس ، ويتم حالياً دراسة خصائصها ومدى تخصصها في القضاء على أنواع معينة من الآفات ، سعياً وراء تقليل استخدام المبيدات الكيمياوية التي يكون لها - في أغلب الأحيان - أثر ضار باق على الإنسان والحيوان والنبات ، كذلك تم في اليابان انتاج بعض أنواع المضادات الحيوية ذات التأثير المتخصص للقضاء على بعض الأمراض البكتيرية والفطرية التي تصيب المحاصيل والخضروات والفواكه .

٢ ـ عزل بعض الكائنات الحية الدقيقة ذات القدرة على تحليل وتكسير المبيدات الكيمياوية المتبقية بالتربة لتقليل تأثيرها السام على البيئة ، ومن أمثلة ذلك بعض فطريات العفن الأبيض التي يمكنها إزالة سمية بعض المركبات العضوية الضارة ، فقد ثبت أن هذه الفطريات يمكنها أكسدة مركبات د.د.ت. ، اللندين ، البنزبيرين إلى ثاني أكسيد الكربون ، وقد تم تحديد الظروف المناسبة للوسط الذي يقوم فيه الفطر بتكسير هذه المركبات في المعمل وتم اكتشاف الأنزيمات التي تقوم بتكسير المركبات العضوية ذات التركيب الحلقي أو ذات السلاسل الجانبية وقد أجريت تجارب على محاولة إزالة سمية بعض المركبات العضوية في التربة سواء تحت ظروف معقمة أم ظروف غير معقمة ، وقد اتضح أن درجة نمو الفطر ونشاطه تزداد بزيادة تركيز عنصر النيتروجين في التربة ، كما وجدت العلاقة بين نشاط الفطر ودرجة الحموضة ورطوبة التربة، ومازالت الأبحاث مستمرة للتوصل إلى مرحلة التطبيق الحقلي الموسع ، وتستخدم حالياً التقنيات الحديثة بأسلوب الهندسة الوراثية لفصل ونسخ حامض نووي (DNA) للأنزيمات التي ينتجها الفطر وتعمل على تكسير هذه المركبات الضارة .

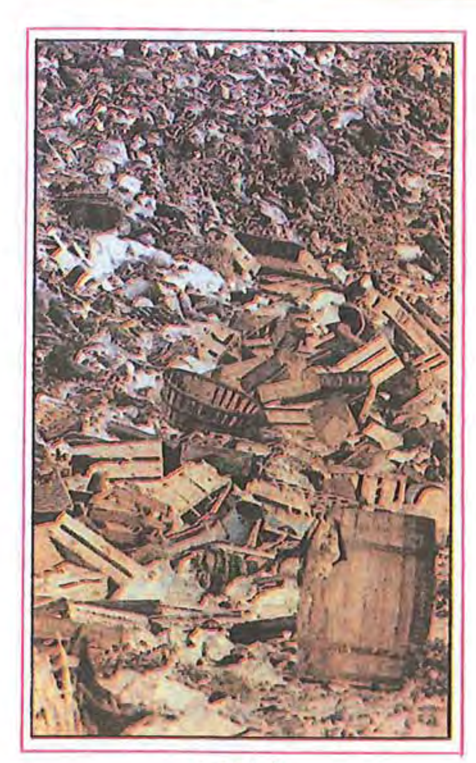
## ثانيا. في مجال تغذية النبات

يلزم للإنتاج النباتي توفير العناصر الغذائية اللازمة ، ويتم ذلك عادة بتسميد التربة بالأسمدة الكيمياوية وأهمها الأسمدة النيتروجينية التي توفر عنصر النيتروجين اللازم للنبات ، وهذا هو الجانب المفيد من التسميد الكيمياوي ولكن يقابل ذلك جانب ضار بالبيئة ، فالنبات عادة يستفيد بما لا يزيد عن نصف النيتروجين بالسماد الكيمياوي ، أما النصف الآخر فيذوب في مياه الري ، ومن ثم ينتقل إلى المصادر المائية الأخرى ، وينتج عن ذلك تلوث البيئة بالنترات مما ينتج عنه عدد من الأضرار أهمها :

١ - إصابة الأطفال الرضع بنوع من الأنيميا قد يؤدي إلى وفاتهم ، وذلك نتيجة إختزال النترات داخل الجهاز الهضمي من الأغذية الملوثة بها إلى النتريت الذي يسبب المرض .

٢ - تشجيع أملاح النترات في التربة لأنواع من البكتيريا للقيام باختزالها إلى أملاح النتريت التي تتفاعل مع مواد أخرى منتجة مركب النتروزامين الذي يسبب مرض السرطان .

٣ - اختلال وتآكل طبقة الأوزون التي تحمي الكائنات الحية على الأرض من الأشعة فوق البنفسجية المسببة لسرطان الجلد ، وذلك نتيجة لتصاعد أكسيد النتروز إلى الجزء الأعلى من الغلاف الجوي (الاستراتوسفير) حيث يتفاعل مع غاز الأوزون ويحوله إلى أكسجين .



تلوث التربة .

لتقليل الاعتماد على التسميد الكيماوي يمكن زيادة الاعتماد على وسائل التقنية الحيوية التي باستخدامها يمكن انتاج الكائنات الحية المتخصصة التي يمكنها تثبيت نيتروجين الهواء الجوي وتزويد جذور النباتات به في معيشة تكافلية بينها وبين النبات (كما هو الحال في النباتات البقولية) أو تثبيت النيتروجين في التربة ومن ثم يصبح في صورة صالحة لامتصاص النبات له مباشرة . . . وقد ثبت أخيراً أن هناك بعض الكائنات الحية التي يمكنها أن تعيش في جذور النباتات غير البقولية وتوفر لها النيتروجين اللازم ، هذا فضلاً عن أن بعض أنواع الطحالب الخضراء المزرقة يمكنها تثبيت نيتروجين الهواء الجوي وتوفيره للمحاصيل التي تعيش أغلب فترة نموها في ظروف شبه مائية مثل الأرز ، وقد قدر

بعض العلماء أن الكائنات الحية الدقيقة التي يمكنها تثبيت نيتروجين الهواء الجوي يمكنها تثبيت ١٧٥ مليون طن من النيتروجين في العام الواحد ، وهذا ما يوازي ٧٠ في المائة من جملة احتياج الإنتاج النباتي لعنصر النيتروجين في العالم .

تنبهت دول كثيرة في العالم لأهمية التقنية الحيوية في انتاج وتوفير عنصر النيتروجين حيوياً ، ويتم حالياً إنتاج العديد من الحوامل البكتيرية كل منها يصلح لنبات معين ، كما يجري حالياً استخدام أسلوب الهندسة الوراثية كمحاولة لنقل صفة تثبيت النيتروجين من كائن حي دقيق إلى النبات نفسه ، وهكذا فكلما زاد استعمال الأسمدة الحيوية قل استخدام الأسمدة الكيماوية وبالتالي الأثر الضار للتسميد الكيماوي على البيئة .

من جهة أخرى تستخدم التقنية الحيوية في الإكثار من بعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة المتخصصة التي يمكن انتاجها ثم تلقيحها في التربة الزراعية لتقوم بعملية تحويل الفوسفات في التربة إلى صورة مفيدة للنبات ، ويمتد فعل هذه البكتيريا أيضاً إلى إنتاج مواد منشطة لنمو النبات في منطقة نشاط الجذور (المعروفة باسم الريزوسفير) ، وقد اتضح أن بعض فطريات التربة تدخل جذور كثير من النباتات وتزودها بما تحتاجه من العناصر الغذائية مثل الفوسفات والبوتاسيوم والكالسيوم والكبريت والزنك ، كما تحميها من بعض الأمراض ، ويطلق على هذه الجذور التي اقتحمتها الفطريات اسم الميكورايزا . توجد هذه الفطريات في جذور الأشجار الخشبية ونباتات المراعي ، كما توجد في التربة في صورة ساكنة ، وتجري بحوث عديدة لمحاولة اختبار أنواع من الفطريات عالية الكفاءة في تزويد النباتات بالعناصر المعدنية اللازمة وتزويد التربة بها .

وقد قامت إحدى الشركات الفلبينية المتخصصة في التقنية الحيوية بالتعاون مع جامعة الفلبين بإنتاج أقراص من فطريات الميكورايزا محملة على حامل من التربة ، ويتم معاملة الأشجار بها بمعدل قرص واحد لكل نبت جديد ، وقد لوحظ أن الشتلات المعاملة بهذه الأقراص قد أعطت نمواً يزيد في الطول والقطر عن الشتلات غير المعاملة ، ومما يثير الاهتمام أن التجارب الحقلية قد أوضحت أن استعمال أقراص الميكورايزا قد وفرت مابين ٥٠٪ إلى ٨٠٪ من الأسمدة اللازمة لنمو الأشجار في الحقل ، وأن فطريات الميكورازيا التي تعيش في جذور الشتلات تستمر في النمو أثناء نمو النباتات ، وليس هناك ما يدعو لإعادة تلقيح الأشجار بها ، وفي إطار برنامج مقاومة التصحر يمكن تزويد أشجار الغابات مثل أشجار الصنوبر وأشجار الكافور بما تحتاجه من أسمدة وبالتالي تقليل الحاجة للأسمدة الكيمياوية وما تسببه من أضرار للبيئة .

## ثالثاً ـ في مجال تنقية المياه

تعاني المجتمعات الحضرية من تلوث مياه المجاري والمياه المتخلفة من الصناعات المختلفة ، ويلزم لمواجهة هذه المشكلة أساليب ذات تكلفة مالية عالية ، وتقوم وسائل التقنية الحيوية بدور رئيس في تنقية هذه المياه إلى درجة تسمح بإعادة استخدامها سواء للري في الزراعة أم للاستخدام الادمي مباشرة ، وقد حدث في السنوات الأخيرة تطوير العمليات الحيوية اللازمة لتنقية المياه الملوثة ، ونورد هنا بعض الأمثلة مما تم تطويره في السنوات الأخيرة في هذا المجال :

١ ـ تنقية المياه الملوثة من المعادن الثقيلة : تمكن العلماء حديثاً من استخدام بعض أنواع الكائنات الدقيقة ذات القدرة على إنتاج بروتين خاص يمكنه استخلاص وربط المعادن الثقيلة من المياه الملوثة ، وكان أول نموذج يتم للعلماء تطويره هو البروتين الذي تنتجه بكتيريا القولون (E. Coli) الذي يمكنه ربط الفوسفات بتحميل هذا البروتين على خرزات الأجاروز ، ويمكن إعادة استخدام هذه الخرزات عدة مرات بعد فصل الفوسفات بمعاملة حرارية . تمكن العلماء أيضاً من انتاج بروتين آخر يمكنه ربط معدن الكادميوم وادمصاصه من المحاليل الملوثة به ، وبذلك تم فتح مجالات جديدة لمركبات حيوية ذات قدرة على ادمصاص المعادن الثقيلة ، ويستخدم علماء التقنية الحيوية حالياً أسلوب الهندسة الوراثية لتحديد المورثات التي تتحكم في إنتاج البروتين وحيد الخلية ذي الصفات المطلوبة وزيادة كفاءتها في تنقية المياه الملوثة .

٢ ـ معالجة المياه الملوثة بالطحالب والبكتيريا في بحيرات مكشوفة ، وفي هذه الحالة تتبادل الطحالب والبكتيريا النشاط في



تلوث البيئة برش المبيدات .

تخليص المياه من المواد العضوية الملوثة .

ويتم تنفيذ هذا النظام - الذي تنتج عنه مياه صالحة للري - باحد أسلوبين:

(أ) **التهوية الاختيارية** : وذلك بترك المياه الملوثة لمدة تتراوح من أربعة إلى اثني عشر أسبوعاً (حسب درجة حرارة الجو وتركيز الملوثات في الماء) ، وخلال هذه الفترة يتم تخمير المواد العضوية وتحويلها إلى غاز ثاني أكسيد الكربون أو غاز الميثلين أو يتم أكسدتها بالبكتيريا الهوائية التي تستخدم الأكسجين الناتج من نشاط الطحالب على سطح البركة .

(ب) **النظام المشترك للتهوية الاختيارية والاصطناعية** : ويتم في هذا النظام دفع تيار هواء بشدة في المياه الملوثة الموجودة في برك غير عميقة لزيادة معدل سرعة نمو الطحالب تحت ظروف هوائية ، ثم رفع المياه بما تحمله من الأكسجين إلى برك هوائية ليبدأ نشاط البكتيريا في تكملة دوَر الطحالب للتخلص من المواد العضوية الملوثة ، ويصلح هذا النظام في الأماكن التي يتوفر فيها ضوء الشمس أيام السنة مما يسمح بسرعة نمو الطحالب .

## رابعاً. في مجال المخلفات العضوية

**ان تراكم المخلفات العضوية له أثار سيئة على البيئة ، فجميعها مواد قابلة للتحلل وينتج من تحللها روائح كريهة ومواد ملوثة للبيئة ، ومن الطرق الحديثة المستعملة للتخلص من هذه المخلفات العضوية إعادة استخدامها كمصدر متجدد لكثير من المنتجات .**

ومن أهم تطبيقات التقنية الحيوية في مجال إعادة استخدام المخلفات العضوية والإستفادة منها مايلي :

**أ - انتاج خليط السماد العضوي الصناعي** : وذلك بالتخمير الهوائي للنفايات المنزلية العضوية وغيرها من المخلفات النباتية لتحويلها إلى سماد عضوي جيد تعامل به التربة الزراعية لزيادة نسبة المادة العضوية فيها وتحسين خواصها الفيزيائية والكيميائية وتزويدها بالعناصر المعدنية اللازمة لخصوبتها مثل النيتروجين والفوسفات ، ويساعد إنتاج هذا السماد على تقليل معدلات التسميد الكيماوي وبالتالي التلوث الناتج عن الأسمدة الكيمياوية ، كما أنه يساعد على تكوين الدبال من التربة ، والدبال مادة غروية محبة للماء يؤلف مع الطين وحدة تسمى بالمعقد الغروي ، ويمتص من الماء ما يساوي ٢٥ مرة من وزنه ، بينما لا يمتص الطين أكثر من ثلثي وزنه من الماء ، ولهذه الخاصية أهمية كبرى في احتفاظ الأرض بمائها وقت الجفاف ، ويحافظ الدبال أيضاً على درجة حرارة التربة ، كما يحسن من صفاتها الرملية وذلك بانتشاره بين حبيباتها وتبطينه لما بينها من قنوات ، فعند امتصاصه للماء ينتفخ ويزيل ما بالتربة من عيوب التفكك وذلك نتيجة لقدرته على تجميع حبيبات التربة ، ويعد الدبال مركباً ملائماً تعلق به الميكروبات المفيدة للتربة ، كذلك يساهم مع الطين في تحسين سعة التربة للقواعد المتبادلة كما أنه يقوم بدور هام في تنظيم حموضة التربة وقلويتها .

(ب) **انتاج علف للحيوان والدواجن** : ويتم ذلك بعدة طرق منها :

١ - التحويل الحيوي لبعض المخلفات النباتية الخضراء والحيوانية لانتاج السيلاج ، وذلك لتوفير علف أخضر للحيوان في مواسم الجفاف حيث يتم عدة تحولات في المادة العضوية نتيجة التخمير تحت ظروف مناسبة .

٢ - التحويل الحيوي للورق والكرتون ونشارة الأخشاب إلى مادة علف غنية بالبروتين والكربوهيدرات والمعادن ، وذلك بالتخمير المباشر لهذه المخلفات مباشرة - في حالة شبه صلبة - تخميراً هوائياً باستخدام أنواع من الكائنات الدقيقة التي تستخدم السيليلوز والهيميسيليلوز - الموجود بنسبة كبيرة في هذه المخلفات - كمصدر للطاقة والنمو والتكاثر ، وينتج عن ذلك مادة علف مناسب لتغذية الأبقار والأغنام ، أو يتم تخمير هذه المخلفات بعد تكسير المواد الكربونية المعقدة إلى سكريات ، وتقوم أنواع متخصصة أخرى من الكائنات الدقيقة بإنتاج بروتين وحيد الخلية لاستخدامه في تغذية الدواجن .

(جـ) **انتاج غذاء للإنسان** :

١ - تحويل مخلفات قش الأرز أو القمح وروث الدواجن وروث الخيل إلى خليط السماد العضوي لانتاج فطر المشروم .

٢ - تخمير المخلفات السكرية في مخمرات هوائية لانتاج الخميرة ، ومن أمثلة تلك المخلفات السكرية شرش الحليب وهو المنتج الثانوي لصناعة الجبن ، والمولاس وهو المنتج السائل المتخلف عن صناعة السكر ويشمل مولاس قصب السكر ومولاس البنجر .

(د) **ايجاد مصادر جديدة للطاقة** : وذلك بتخمير المخلفات السكرية أو النشوية أو السيليلوزية تخميراً لا هوائياً لانتاج كحول الايثيل ، والذي ثبت امكان استخدامه كوقود للسيارات بدلاً من البنزين أو الديزل بنجاح في بعض البلدان مثل البرازيل ، وإنتاج غاز الميثان الذي يستخدم مصدراً للوقود والإنارة في كثير من البلدان مثل الصين والهند .

(هـ) **استخدام المخلفات السكرية والنشوية والسيليلوزية في انتاج العديد من** المنتجات الصناعية والدوائية مثل الأحماض الأمينية والفيتامينات والهرمونات والأنزيمات والمضادات الحيوية .

## خامساً. في مجال المخلفات النفطية

يتخلف عن صناعة النفط كميات كبيرة من الحمأة النفطية التي توجد في صورة مستحلبات تحوي مابين ٢٠٪ إلى ٥٠٪ من

النفط ، ويتم التخلص منها في بعض البلدان بطمرها في بحيرات صناعية مكشوفة معرضة البيئة لتلوث مستمر نتيجة الأبخرة والروائح التي تبثها فضلاً عن أخطار الحريق ، وقد قامت بعض الأقطار بدراسة أسلوب بديل للتخلص من هذه النفايات ، وذلك بمعاملة التربة بهذه النفايات النفطية كأسلوب مأمون من الناحية البيئية وبتكلفة قليلة من الناحية الإقتصادية ، ويتم حالياً التخلص من أكثر من ٥٠٪ من هذه النفايات بالولايات المتحدة الأمريكية بهذا الأسلوب . كذلك تجري الدراسات حول الجوانب المختلفة المتعلقة بهذه التقنية لرفع كفاءة الكائنات الحية الدقيقة - الموجودة بالتربة والموجودة بالمستحلبات النفطية ذاتها - في تحليل الهيدروكربونات المختلفة الموجودة بالنفط ، وهناك عدد من العوامل المؤثرة على تحلل هذه المستحلبات بالتربة مثل التركيب الكيماوي للحمأة النفطية ونوعية الهيدروكربونات المختلطة بها ، معدل إضافة الحمأة النفطية للتربة (٥ إلى ١٥٪ من وزن التربة) ، درجة حرارة الجو ، تركيب التربة ، درجة حموضة أو قاعدية التربة (pH) ، درجة الرطوبة ، التقليب الدوري للتربة ، توفير بعض الأسمدة المعدنية .

وقد أدى نجاح هذا الأسلوب في تقليل تلوث البيئة ، كما أن التربة المعاملة بالحمأة يمكن استخدامها في الزراعة وذلك بعد مرور عدة سنوات على معاملتها . وقد اتضح لعلماء التقنية الحيوية أن العديد من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالتربة يمكنها التعامل مع نوع أو أكثر من الهيدروكربونات الموجودة بالمستحلبات النفطية المضافة للتربة .

وقد بدأت بعض الدول الخليجية في دراسة تطبيق هذا الأسلوب للتخلص من الحمأة النفطية . فهناك جهود كبيرة في هذا المجال في كل من المملكة العربية السعودية والبحرين والكويت ، وقد وصلت بعض هذه الجهود إلى مرحلة التطبيق التجريبي .

# الجديد في العلوم والتقنية

## الطاقة الاندماجية

يقدر العلماء الطاقة المنبعثة من الشمس بحوالي $٩ \times ١٠^{٢٣}$ سعر حراري في الثانية ، وهي تكفي لإذابة كتلة جليدية حول الشمس سمكها ٣٠٠٠ قدم في حوالي ٩٠ دقيقة ، وهذه الطاقة الكبرى المصدر الأساس لطاقة الكواكب الموجودة حول الشمس ، وهي ناتجة بصفة رئيسة عن اندماج ذرات الهيدروجين مكونة غاز الهليوم ، وعلى الرغم من أن غاز الهيدروجين يستهلك بمعدل يصل إلى أربعة ملايين من الأطنان في الثانية فإن هذا المعدل وبمشيئة الله سيستمر لأكثر من مئات الملايين من السنين .

وهذا التفاعل الاندماجي الذي يحدث في الشمس لو أمكن اجراءه على الأرض لاستطعنا أن نحصل على مصدر بديل للطاقة يغنينا عن استخدام الوقود النووي في التفاعلات الانشطارية والذي أهم مشاكله صدور الاشعاعات النووية الضارة بالإنسان ، والطاقة التي نحصل عليها من التفاعل الاندماجي سوف تكون أرخص ، فهي تتم عن طريق تفاعل الديتريوم المتوفر في ماء البحر كما انها تكون طاقة لا ينتج عنها نفايات اشعاعية ضارة كما يحدث في التفاعلات النووية الانشطارية . والديتريوم هو أحد نظائر الهيدروجين الذي يبلغ وزنه الذري ضعف الوزن الذري للهيدروجين العادي وتحتوي كل ذرة منه على نيوترون .

وقد أنفقت المختبرات الكبيرة في الدول الصناعية ملايين الدولارات لشراء الأجهزة من أجل ضغط بلازما الهيدروجين الثقيل (الديتريوم) ثم تسخينها إلى مليون درجة مئوية أو أكثر مما يدفع بأنوية ذرات الديتريوم لتندمج ، مكونة غاز الهليوم وشرارة من النيوترونات ذات طاقة عالية .

وكان الغرض من الأبحاث هو التغلب على نقطة اللاعودة والتي عندها تنطلق كمية من الطاقة أكثر مما يحتاجها التفاعل ليستمر ، وبمجرد أن يبدأ التفاعل الاندماجي فإنه يستمر آلياً بفعل تأثير الحرارة التي تطلقها الأنوية المتفاعلة نفسها . ولم يزعم أي من المختبرات أنه استطاع تحقيق هذا الهدف ، ويعتقد العلماء بأنهم لن يصلوا إلى نتائج أكيدة قبل نهاية القرن الحالي .

هذا ما كان عليه الحال حتى شهر مارس (١٩٨٩م) وبالتحديد ٢٣ مارس حين أعلن عالمان نبأ توصلهما إلى انتاج الهليوم نتيجة اندماج الديتريوم في وعاء صغير في المختبر وعند درجة حرارة الغرفة وقد أثار هذا الخبر دهشة العلماء ... !!

### ماذا يقول الخبر ؟

أعلن دكتور ستانلي بونز رئيس قسم الكيمياء بجامعة يوتا الأمريكية ومارتن فلشمان أستاذ الكيمياء في جامعة ساوثهمبتون بإنجلترا في مؤتمر صحفي عن تحقق الإندماج عند درجة حرارة الغرفة باستخدام قضيب من فلز البلاديوم واسطوانة من البلاتين مغمورين في قارورة تحتوي على الماء الثقيل المكون من الأكسجين والديتريوم .

وحسب التحليل الكهربائي فإن التيار الكهربائي المار أثناء التجربة يفصل أجزاء الماء الثقيل إلى الديتريوم الذي يمتص بوساطة قطب البلاديوم ، بينما يتصاعد الأكسجين كفقاقيع غازية من داخل اسطوانة البلاتين ، وبعد مرور مئات الساعات يصبح تركيز الديتريوم كبيراً جداً داخل الشبكة البلورية للبلاديوم بدرجة تسهل من دمج ذراته لتكوين الهليوم مع إنتاج كمية هائلة من الطاقة .

ويقول بونز انه بامرار التيار الكهربائي ، تجذب أنوية الديتريوم على سطح الفلز ضاغطة على شبكة البلاديوم لوقت كبير كاف لأن يحدث الاندماج ، وينتج عن هذا التفاعل طاقة تساوي أربعة أضعاف الطاقة الكهربائية المستخدمة لإجراء العملية(٤ وات لكل وات) ، وهي تزيد بكثير عن نقطة بداية التفاعل .

ومنذ أن أعلن هذا الخبر تبذل المحاولات في مختبرات كثيرة في العالم لإجراء مثل هذه التجارب والتحقق من نتائجها ، وإلى الآن نجحت أربع جامعات في الحصول على نتائج مشابهة لتلك التي أعلنها فريق جامعة يوتا .

ولقد دعم باحثان آخران من جامعة يوتا أيضاً تلك الأبحاث التي أعلن عنها والتي تعطي طاقة اندماجية رخيصة ونظيفة من مياه البحر عند درجة حرارة الغرفة . فيذكر سيغز وولنج وهو أستاذ كيمياء بارز ومعه جون سيمونز وهو أيضاً أستاذ كيمياء أن عملية الاندماج المذكورة قد أطلقت غاز الهليوم الذي يمكن أن يكون أحد النواتج الجانبية لاندماج ذرات الديتريوم . ويضيف وولنج أن انتاج الهليوم قد أمكن تحقيقه في ١٣ ابريل وان كميته المتصاعدة تساوي الكمية التي قدرت بالحساب .

أما سيمونز رغم تعليقه الإيجابي على فحوى الخبر الذي صدر في ٢٣ مارس ١٩٨٩م عن ستانلي بونز ، فقد أبدى بعض التشكيك مشيراً إلى عدم اعتقاده بامكان إنتاج مثل تلك الكمية الكبيرة من الهليوم دون أن يحدث شيء نووي ما ، ومتسائلاً عن كيفية إنتاج كمية لا بأس بها من الهليوم دون اندماج نووي .

ويدعي الفيزيائيون أن التفاعل الذي أجراه بونز وفلشمان ربما يكون عملية كيميائية وليست نووية ، ولكن بونز يصفه بأنه تفاعل نووي غير مسجل ولا مدروس حتى الآن ، ويوافق وولنج بأن ذلك التفسير غير مقنع للفيزيائيين رغم أنه متسق مع كل النتائج المخبرية المتوفرة عادة ويمكن اختباره في المختبر .

ويقول وولنج «ان مثل هذا التحول الداخلي لا يعطي في الواقع اشعاعات سريعة الزوال بل انه عوضاً عن ذلك ينقل الطاقة إلى الالكترونات في الشبكة البلورية للبلاديوم ، وبالتالي تسخن مولدة طاقة متساوية مع الطاقة التي تم قياسها .

ويذكر بونز أن التجربة التي أنفق عليها هو وفلشمان مائة ألف دولار من مالهما الخاص ، وطوراها لمدة خمسة عشر عاماً قد أنتجت طاقة ونيوترونات حرة وهليوم ، بالإضافة إلى غاز التريتيوم (أحد نظائر الهيدروجين المحتوي على نيوترونين) ، مما يرجح وجود تفاعل نووي .

ويبدو أن غاز التريتيوم لن يكون المنتج النهائي لعدم ثباته ، فقد يتفاعل عند تكوينه مع غاز الديتريوم لانتاج غاز الهليوم وطاقة ونيوترونات حسب المعادلة التالية :

وإذا كانت فرق العمل الأخرى والتي يبلغ عددها حوالي ٦٤ فرقة غير قادرة على اجراء نفس هذا التفاعل فربما لاستخدامها نوعاً مختلفاً من البلاديوم لاجراء التفاعل .

فبونز يقول : «لقد استخدمنا في الجامعة أقطاب بلاديوم مصنوعة من (سبائك الفلز بعد تسخينه وتبريده) ، ومن الواضح أن طريقة التحضير هذه لها علاقة بما يحدث ، وعلى الأقل نحن نخمن أن لها علاقة» .

ويسترسل بونز أن الجامعة بدأت حوالي ١٩ تجربة لفحص المواد ولإجراء القياسات الأخرى وانها ما زالت في سبيل تطوير هذه التجارب .

ويقول معهد ماسشيوتس للتقنية ، إذا صحت نظرية بونز وفلشمان ، فإن كمية مياه البحر التي تقابل عمق عشرة أقدام من بحيرة ميشغن سوف تلبي احتياجات الولايات المتحدة من الطاقة للخمسة عشر ألف سنة المقبلة .

ولقد نجحت بعض فرق العمل في بعض الجامعات في الحصول على نتائج شبيهة - ولكنهم ما زالوا متحفظين في اعلانها - بينما فشلت جامعات أخرى في تحقيق هذه النتائج .

والعالم كله يستمع بدهشة إلى هذه الأخبار وينتظر نتائج التجارب في هذا المجال بفارغ الصبر ، فسبحان الله الذي علم الإنسان ما لم يعلم .

* * *

# التقنية الحيوية وتطبيقاتها الغذائية

د. ابراهيم سعد المهيزع
كلية الزراعة - جامعة الملك سعود

**تعرف التقنية الحيوية على أنها تطبيق تقنيات الحامض النووي منقوص الأكسجين الهجين (R-DNA) والهندسة الوراثية وزراعة الأنسجة والهندسة الحيوية من أجل الحصول على سلالات جديدة من الاحياء الدقيقة والنباتات والحيوانات تمتاز بغزارة الانتاج وارتفاع الجودة ، وهناك تعريفات عديدة لهذه التقنية لا يتسع المجال لذكرها .**

**أنه وان اختلفت التعريفات فإن هذا العلم يتضمن العديد من المعارف تتدرج من علم الاحياء الجزيئية إلى اختبار وتسويق المنتج النهائي .**



## نبذة تاريخية

ان فكرة استغلال الكائنات الحية الدقيقة بدأت منذ آلاف السنين بالرغم من أن عالمها كان مجهولاً ، فالخبز ومنتجات الحليب المتخمرة والمخللات والأغذية المتخمرة الأخرى ماهي إلا أغذية استخدمت فيها التقنية الحيوية بشكلها البدائي . في عام ١٨٦٥م توصل العالم الفرنسي لويس باستير - عالم الاحياء الدقيقة - إلى الاكتشاف الذي استحق عليه لقب «مؤسس علم البكتيريا» ، فقد مهد الطريق أمام العلماء ليبدأوا بمحاولة تسخيرها لصالح البشرية والتقليل من آثارها السلبية ، ونتيجة لذلك توالت الاكتشافات في حقل علم الاحياء الدقيقة والعلوم الأخرى المساندة للتقنية الحيوية كالكيمياء الحيوية والوراثة وتقنية التخمرات وغيرها .

في الأربعينيات بدأت التقنية الحيوية تأخذ مساراً جديداً كان من ثماره انتاج العديد من المضادات الحيوية والعديد من الهرمونات ولعل من أهم مايميز هذا الطور التوسع في استخدام تقنية الطفرة المحفزة (Induced Mutation) كطريقة للحصول على سلالات ذات كفاءة عالية في الانتاج كما هي الحال في انتاج المضادات الحيوية .

ولعل من أهم مايميز الستينيات البحوث العديدة في مجال تقنية انتاج البروتين بوساطة الاحياء الدقيقة أو مايطلق عليه «بروتين وحيد الخلية» وزامن ذلك بداية انتاج الأحماض العضوية والفيتامينات والأحماض الأمينية ، إضافة لذلك فإن تطوراً ملحوظاً حدث في مجال تقنية البادئات (Starters) المستخدمة في مختلف الأغذية المتخمرة .

في السبعينيات ، وإلى الوقت الحاضر ظهرت تقنيات الحامض النووي الهجين والهندسة الوراثية وتطور علم زراعة الأنسجة ، وتغلغل استخدام الكمبيوتر في مجال التقنية الحيوية ، وأصبح بالإمكان انتاج هرمونات النمو والأنسولين والأنترفيرون والأجسام المضادة وحيدة النسل (Monoclonal antibodies) التي تستخدم في مجال التشخيص الدقيق .

## تهجين المورثات

في بداية السبعينيات وبالتحديد في عام ١٩٧٢م اكتشف أنه بالإمكان ادخال بعض المورثات المسؤولة عن إظهار سمات معينة في كائن حي إلى كائن حي آخر قد يكون من فصيلة أخرى، أي ما يعرف بتقنية الحامض النووي منقوص الاكسجين الهجين ، حيث يتم تقطيع شريط الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) - الذي تنتظم عليه المورثات - بوساطة أنزيمات متخصصة إلى قطاعات ذات نهايات لزجة وبالتالي يمكن عزل المورثات المرغوبة - مثل المورث المسؤول عن انتاج أنزيم الرينين - وتوصيلها بحامض نووي آخر - من كائن حي آخر مثل خميرة الخبز أو بكتيريا القولون (E. Coli) - عند النهايات اللزجة ليكون مايعرف بالحامض النووي منقوص الأكسجين الهجين . يتم بعد ذلك اعادته إلى الخميرة أو البكتيريا لتقوم بدورها بالإنقسام ونسخ هذا الحامض الجديد ،

ويعد هذا الاكتشاف من أهم الاكتشافات في مجال التقنية الحيوية .

## التقنية الحيوية في مجال الأغذية

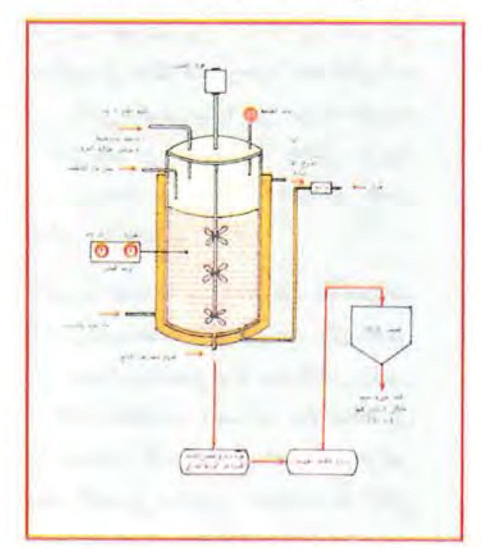
سنتطرق في هذا الصدد إلى التطبيقات الجديدة ، دون ذكر التطبيقات التقليدية التي بدأ تطبيقها منذ آلاف السنين ولا تزال تستخدم للآن .

ومن التطبيقات الحديثة في هذا المجال مايلي :

**١ ــ انتاج البروتين من الكائنات الدقيقة :**

بدأت فكرة استغلال الكائنات الدقيقة لانتاج البروتين ابان الحرب العالمية الأولى وبالتحديد في ألمانيا لمواجهة النقص الحاصل في مصادر البروتين التقليدية ، حيث تم تنمية إحدى الخمائر (Torula) على مخلفات صناعة الورق لتقوم بدورها بالتكاثر في هذه البيئة منتجة مايعرف بالكتلة الحيوية والتي تحتوي على خلايا خميرة وتبلغ نسبة البروتين فيها حوالي ٥٠٪ .

يوضح شكل (١) فكرة انتاج البروتين من الكائنات الدقيقة حيث يستخدم لهذا الغرض خزان تخمير مزود بمقلب وصمامات لإدخال الهواء والوسط الغذائي وبلوحة تحكم لرصد الحموضة والقلوية (الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة . . .



شكل (١) يوضح فكرة إنتاج البروتين وحد الخلية

الخ . عند الوصول إلى تركيز معين من الخلايا يتم تجميعها وفصلها عن البيئة ومن ثم بسترتها وتجفيفها .

لقد تمت دراسة امكانية استخدام العديد من الكائنات الحية لهذا الغرض ، وتم استخدام العديد من العزلات البكتيرية والفطريات والخمائر والطحالب ، كما جرب العديد من المواد الخام التي يمكن أن تستخدم لانتاج الكتلة الحيوية ، ومن تلك المواد مايلي :

(أ) مخلفات مصانع الأغذية ومن ذلك على سبيل المثال لا الحصر ، مخلفات مصانع عصائر الفواكه ومخلفات صناعة الجبن ومخلفات صناعة سكر القصب وسكر البنجر .

(ب) المخلفات السليلوزية والتي تشكل نسبة كبيرة من المواد العضوية على سطح الأرض وتمتاز بأنها من المصادر المتجددة ويمكن استخدام هذه الكميات الهائلة من المخلفات العضوية بعد معالجتها كيميائياً كمادة مغذية للكائنات الدقيقة لتقوم بتحويلها إلى كتلة حيوية يشكل البروتين فيها من ٤٠ إلى ٨٠٪ حسب نوع الكائن الحي الدقيق وظروف النمو .

(جـ) مشتقات النفط مثل البارافينات والميثان .

(د) كحول الايثيل وكحول الميثيل واللذان ينتجان من الغاز الطبعي في بعض البلدان بتكلفة ميسرة كما هي الحال في المملكة .

ويكمن دور التقنية الحيوية هنا في انتاج سلالات ميكروبية لها القدرة على النمو بغزارة على مواد متوفرة بالبيئة كالميثانول والسليلوز ، ومشتقات البترول كالألكينات الطبعية (N-alkanes) . كل هذا يمكن أن يتم باستخدام الهندسة الوراثية وتقنية الحامض النووي منقوص الأكسجين الهجين وغير ذلك .

**٢ ــ انتاج الأحماض الأمينية :**

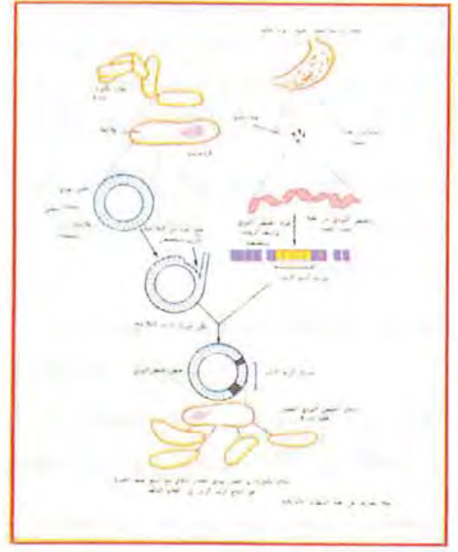
تستخدم الأحماض الأمينية المنتجة في انتاج العلائق ولتدعيم بعض الأغذية ولاستخدامها في مركبات النكهة ، ويعد كل من الحامض الأميني لايسين والحامض الأميني جلوتاميك أكثر الأحماض الأمينية انتاجاً ويستخدم الأول في تدعيم كثير من الأغذية وبالذات الحبوب ، والثاني لانتاج مركبات منكهة يطلق عليها جلوتامات الصوديوم الاحادية .

**٣ ــ انتاج الأحماض العضوية :**

ومن أمثلة الأحماض العضوية المنتجة حامض السيتريك والذي يستخدم بكميات هائلة في المشروبات الغازية والحلويات .

**٤ ــ انتاج الفيتامينات :**

ومن أمثلة ذلك انتاج فيتامين ج و(ب١) وفيتامين (ب١٢) .



شكل (٢) مراحل انتاج أنزيم الرنين

**٥ ــ انتاج الأنزيمات :**

ومن أمثلة ذلك انتاج أنزيم جلوكوز أميليز والجلوكوز أيزومريز للاستخدام في تحلل النشا وانتاج الشيرة ، وكذلك انتاج أنزيم البكتينيز الذي يستخدم في ترويق العصير ، ومن الأمثلة أيضاً انتاج أنزيم الرينين ـ الذي يستخرج من المعدة الرابعة للعجول ـ ويستخدم في صناعة الأجبان ، وباستخدام تقنية الحامض النووي الهجين حيث أخذ من الحامض النووي (DNA) لخلايا أنسجة المعدة الجزء الذي يحمل المورثات المسؤولة عن هذا الأنزيم ، ثم تم

نقل (تهجين) هذا الجزء إلى الحامض النووي (DNA) في بكتيريا أو خميرة ليصبح جزءاً من تركيبها الوراثي لتقوم بدورها بنسخه شكل (٢) .

٦ ـــ انتاج المحسنات الغذائية :

ويشمل ذلك انتاج الأصباغ وبعض المواد الحافظة ومواد النكهة الطبعية والمواد الملونة الطبعية مثل الكاروتينويدات .

## معوقات هذه التقنية

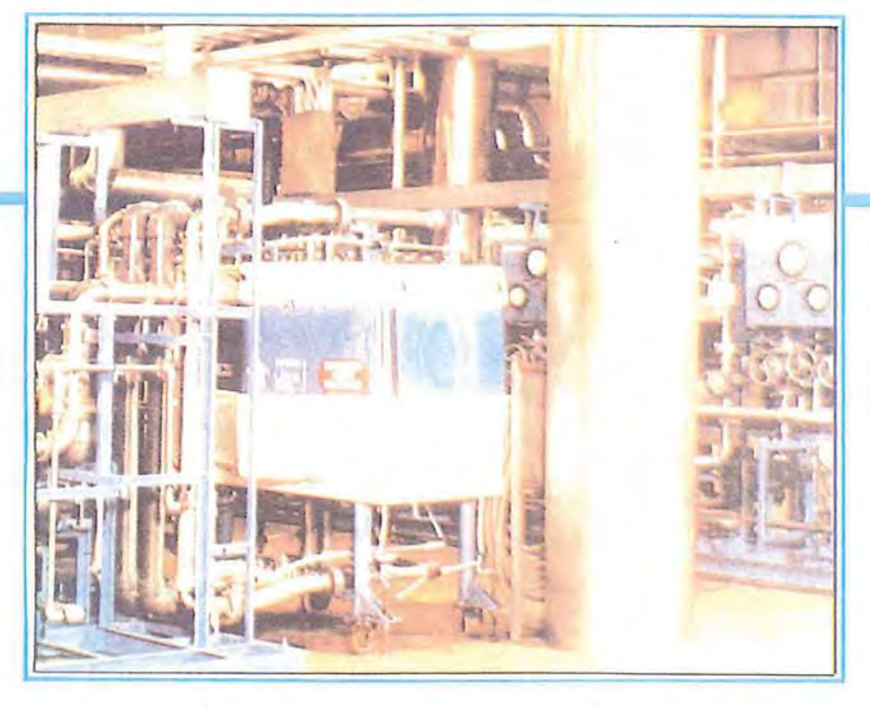
بالرغم من القدرات الكبيرة لهذه التقنية إلا أن هناك مشاكل تعتريها وتقف حجر عثرة أمام تقدمها ، ولاسيما أن البلدان التي تجرى فيها معظم الدراسات والأبحاث بها قوانين صارمة تنظم العمل في مجال التقنية الحيوية ولا سيما مايتعلق بتقنية الحامض النووي المهجين (R-DNA) كما هو الحال في اليابان وبدرجة أقل في أمريكا وأوربا .

ومن المشاكل التي قد تنشأ نتيجة للتوسع في عملية «القص واللزق» للمورثات مايلي :

١ ـــ نشوء سلالات بكتيرية مقاومة للمضادات الحيوية .

٢ ـــ نشوء سلالات ممرضة وأخرى تنتج سموماً من أنواع ليست كذلك في الأصل .

وللحد من حدوث ذلك يجب أن تخضع التجارب الخاصة بالتقنية الحيوية لقوانين صارمة لكي تجنب البشرية الأخطار الممكنة من جراء عملية القص واللزق في المورثات ، وهذا ماينادي به الكثير من المشرعين في البلدان التي تنشط فيها مثل هذه الأبحاث ولو أدى ذلك إلى إبطاء عجلة البحث العلمي في هذا المجال ، وعلى النقيض من ذلك يرى المتخصصون في التقنية الحيوية أنه لا داعي لمثل هذه القيود بل ويعتقدون جازمين بأن القرن القادم سيكون قرن التقنية الحيوية حيث ستستخدم المعرفة في هذا المجال في رفع الانتاج وتحسين النوعية للنبات والحيوان ورفع المستوى الصحي للإنسان .



# الهندسة الأنزيمية وتسكين الأنزيمات


د. محمد عبدالفتاح مهيا
كلية الزراعة والطب البيطري بالقصيم
جامعة الملك سعود


الأنزيمات عبارة عن مواد حيوية مساعدة تقوم بزيادة سرعة التفاعلات الكيماوية التي تحدث داخل أو خارج الخلايا الحية بدون أن تتغير ـ أي الأنزيمات ـ خلال هذه التفاعلات . ويطلق على المواد المتفاعلة في التفاعلات الأنزيمية بمواد التفاعل أو المواد الخاضعة . ومن أهم خواص الأنزيمات أنها متخصصة حيث يعمل كل أنزيم على مادة تفاعل واحدة أو عدة مواد تفاعل من نفس النوع لينتج عن ذلك ناتج أو عدة نواتج . ولكل أنزيم درجة حرارة ورقم هيدروجيني (pH) أمثل يكون عنده أقصى نشاط للأنزيم .

جميع الأنزيمات مركبات بروتينية تتراوح أوزانها الجزيئية بين ٩٠٠٠ إلى أكثر من مليون ، كما أن العديد من الأنزيمات لا تظهر فعاليتها في حالة عدم وجود أحد المكونات غير البروتينية والذي يطلق عليه العامل المرافق ، الذي يكون عبارة عن جزيئة عضوية أو قد يكون أحد الأيونات المعدنية . تذوب الأنزيمات في الماء مكونة محاليل غروية لا تنفذ من الأغشية شبه المنفذة إلا بصعوبة ، ويستفاد من هذه الخاصية في فصل الأنزيمات عن الالكتروليتات وكذلك في تسكين الأنزيمات .

تقوم الأنزيمات بدور رئيس في التحولات الحيوية المختلفة وفي عمليات التخمرات الصناعية المتعلقة بالعديد من صناعات الأغذية والصناعات الكيماوية ، كما تعمل الأنزيمات على خفض لزوجة بعض المواد وتحسين عمليات الفصل والاستخلاص وتغيير الصفات الوظيفية لكثير من المركبات وتحسين كفاءة المنظفات الصناعية بالإضافة إلى إنتاج العديد من الكيماويات المختلفة . وعموماً تستخدم الأنزيمات في الصناعة بغرض خفض تكاليف الإنتاج مع زيادة كفاءة عمليات التصنيع وتحسين المنتجات أو إنتاج مركبات جديدة .

## تطور استخدام الأنزيمات صناعيا

لقد كان من المعتقد وحتى القرن التاسع عشر بأن بعض العمليات كزيادة حموضة الحليب وتخمر السكر إلى كحول لا تحدث إلا بفعل كائن حي . وفي عام ١٨٣٣م تم عزل العصارة المسؤولة عن تحلل السكر وسميت عندئذ دياستيز (Diastase) ـ يطلق عليه الآن الأميليز (Amylase) ـ ويعد هذا أول أنزيم ذا أهمية في التصنيع يتم التعرف عليه بعد ذلك بقليل أمكن استخلاص المادة المسؤولة عن هضم البروتينات في الغذاء من العصارات المعوية وأطلق عليها العالم كوهن عام ١٨٧٨م اسم ببسين (Pepsin) وهو مصطلح من أصل اغريقي ويعني «الخميرة» . وفي عام ١٨٩٧م أظهرت البحوث أنه يمكن استخدام مستخلص الخميرة ـ غير الحية ـ في تخمر السكر . وفي عام ١٩٢٦م أمكن تنقية وبلورة أنزيم اليوريز (Urease) من مستخلصات بعض البقول . وفي السنوات اللاحقة أمكن تنقية وبلورة العديد من الأنزيمات الأخرى سواء من أعضاء الحيوانات المختلفة (المعدة ـ البنكرياس ـ الأمعاء ـ الكبد) أو من النباتات المختلفة . ويعد استعمال أنزيم الرينين (Rennin) ـ المستخلص من المعدة الرابعة للعجول الرضيعة ـ أو أنزيم البابين (Papain) ـ المستخرج من الباباي ـ في عمل الأجبان من أحسن الأمثلة على ذلك . ومن التطورات الحديثة نسبياً انتاج الأنزيمات من الأحياء المجهرية (الخميرة ـ الفطر ـ البكتيريا) لاستخدامها في الصناعات المختلفة وذلك لسهولة السيطرة على نموها وكفاءة هذا النمو مقارنة بمصادر الأنزيمات النباتية والحيوانية ، وقد أمكن حديثاً الحصول على طفرات في بعض الأحياء المجهرية لتنتج أنزيمات معينة لأغراض مختلفة باستخدام أساليب الهندسة الوراثية .

أصبحت الأنزيمات في الوقت الحاضر مجالاً واسعاً للبحوث الأكاديمية حيث تساعد في الكشف عن الحالات المرضية ، كذلك ـ وبسبب تخصصها ـ فإن لها قيمة كبيرة في التحاليل الطبية ، وللأنزيمات استعمالات كثيرة في مجالات مختلفة في الوقت الحاضر ، ومن هذه المجالات الصناعات الغذائية ، صناعات الأدوية ، صناعات الأقمشة والصباغة ومجالات الطب (مثل الكلية الاصطناعية) . ويوضح الجدول (١) أهم المجالات التي تستخدم فيها الأنزيمات .

| المجال | بعض الأنزيمات المستخدمة |
| --- | --- |
| (أ) ـ الصناعات الغذائية | |
| ١ ـ الطحن والخبز | بروتيز (Protease) |
| | أميليز (Amylase) |
| ٢ ـ نشا وشراب الذرة | جلوكواميليز (Glucoamylase) |
| | جلوكوزايزوميريز (Glucose isomerase) |
| ٣ ـ الألبان | رينين (Rennin) |
| | ببسين (Pepsin) |
| | لاكتيز (Lactase) |
| ٤ ـ الفواكه ومنتجاتها | كتاليز (Catalase) |
| | بكتين جليكوسيديز (Pectin Glycosidase) |
| | جلوكوز اكسيديز (Glucose oxidase) |
| ٥ ـ اللحوم ومنتجاتها | بروتيز (Protease) |
| ٦ ـ الشاي والقهوة | تانيز (Tannase) |
| | سيليوليز (Cellulase) |
| ٧ ـ سكر البنجر | ألفا جالاكتوسيديز (Galactosidase) |
| ٨ ـ عصير سكر القصب | دكستراينز (Dextranase) |
| ٩ ـ المنكهات | نوكليز (Nuclease) |
| (ب) ـ صناعة الأعلاف والمنظفات والأقمشة والصباغة ودباغة الجلود والبلاستيك | بروتيز (Protease) |
| (جـ) ـ مجالات الطب والأدوية | بنسلين أميديز (Penicillin amidase) |
| | أمينوأسيليز (Aminoacylase) |
| | فيوماريز (Fumarase) |

جدول (١) أهم المجالات التي تستخدم فيها الأنزيمات

## تسكين (تثبيت) الأنزيمات

الأنزيمات المسكنة (غير المتحركة) هي الأنزيمات التي تكون أما مدمجة طبعياً أو مرتبطة كيماوياً بمواد مدعمة غير ذائبة أو تكون مغلفة بمواد غير ذائبة دون أن يؤدي ذلك إلى فقدان فعالية الأنزيم وفي نفس الوقت يمكن فصلها بسهولة من وسط التفاعل لتستخدم عدة مرات .

## مزايا تسكين الأنزيمات

تمتاز الأنزيمات المسكنة عن الأنزيمات الذائبة (غير المسكنة) بما يلي :

١ ـ يمكن تصنيعها أو استخدامها عدة مرات وبالتالي خفض تكاليف الانتاج وزيادة كفاءة التشغيل .

٢ ـ سهولة التحكم في ظروف التفاعل والتشغيل أثناء التصنيع .

٣ ـ زيادة ثبات الأنزيم المسكن ضد الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH)

٤ ـ انخفاض التأثير المثبط لنواتج التفاعل على الأنزيم المسكن .

٥ ـ سهولة فصل الأنزيمات المسكنة من مخلوطات التفاعل وبالتالي وقف التفاعل عند أي لحظة .

٦ ـ عدم ذوبان الأنزيمات مع الناتج .

٧ ـ امكانية تصميم مفاعلات حيوية ذات كفاءة عالية في التحولات الحيوية المختلفة .

هناك عدة عوامل أساس تؤثر على استخدام الأنزيمات المسكنة في الصناعة وهي : تكلفة الأنزيم ، تكلفة طريقة التسكين ، كفاءة النظام المستخدم في التصنيع ، رأس المال المتاح وتكاليف عمليات التنظيف والصيانة .

## طرق تسكين الأنزيمات

هناك عدة طرق لتسكين الأنزيمات تتم ضمن المفاعلات الحيوية يمكن تقسيمها إلى طرق طبعية وطرق كيماوية ، شكل (١) .

### (أ) الطرق الطبعية :

١ ـ الادمصاص على أسطح مواد خاملة تسمى دعامة أو حامل، من هذه المواد كرات زجاج ، فحم نشط ، الطفل ، الألومنيا ، السيليكا ، وغيرها .

٢ ـ تغليف الأنزيمات بمركبات متبلمرة بطريقة البلمرة الاصطناعية في صورة جيلاتين على هيئة ألياف أو كرات صغيرة بحيث يسمح الغلاف بمرور الأنزيم .

٣ ـ حجز الأنزيمات بأغشية صناعية شبه منفذة مثل أغشية الترشيح العالي (Ultrafiltration) والمسماة بالمفاعل الحيوي الغشائي .

### (ب) الطرق الكيماوية :

١ ـ ارتباط الأنزيم مع الدعامة بروابط أيونية أو تساهمية تحت ظروف معتدلة بحيث

لا تتأثر الفعالية الإنزيمية ويستخدم لذلك مركبات كيماوية مختلفة .

٢ ـ ارتباط الأنزيمات بعضها مع بعض بروابط تساهمية لتكون شبكة من الأنزيمات ويستعمل لذلك مواد كيماوية مثل الجلوتاريلدهيد وغيره .

تحضر الأنزيمات المسكنة عموماً من المفاعلات الحيوية على شكل رقائق أو كرات صغيرة عادة ، إلا أن الأنزيمات اما أن ترتبط بالحامل أو تغلف داخل الحامل الذي يعمل كغشاء محيط بالأنزيمات . أما بالنسبة للأنزيمات الموجودة داخل الخلايا فإنه من الأفضل اقتصادياً ربط أو تسكين الخلايا نفسها بدلاً من اجراء عملية الاستخلاص بشرط ألا توجد أنزيمات أخرى داخل الخلايا تؤثر على الغرض الأساس للتسكين من الناحية التطبيقية . ويعد تغليف الخلايا داخل البولي أكريلاميد الجيلاتيني أو داخل الأغشية الصناعية شبه المنفذة أكثر الطرق استعمالاً ، ولهذه الطريقة فائدة كبيرة خاصة عند صعوبة استخلاص الأنزيم أو إذا كان الأنـزيم غير ثـابت تحت ظـروف الاستخلاص ، ويدخل هذا تحت مايعرف بتسكين الخلايا .

## المفاعلات الحيوية

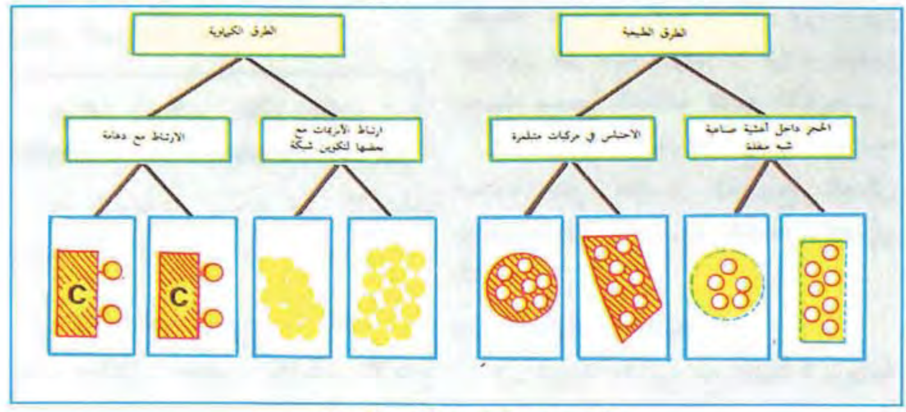
المفاعل الحيوي هو وعاء توضع بداخله الأنزيمات المسكنة في خط التصنيع بغرض اجراء التحولات الحيوية المطلوبة . وبتقدم علم هندسة وتقنية الأنزيمات تم ابتكار عدة أشكال من المفاعلات الحيوية لتتناسب مع طريقة التصنيع وجميعها الآن متوفرة ومستخدمة في الصناعات والمجالات المختلفة ، ويوضح الشكل (٢) أهم أشكال المفاعلات الحيوية التي تستخدمها الأنزيمات المسكنة في الصناعات المختلفة ، وتشمل :

١ ـ المفاعل الحيوي على دفعات .
٢ ـ المفاعل الحيوي المستمر ذا المقلب .
٣ ـ المفاعل الحيوي ذا السريان المسدود .
٤ ـ المفاعل الحيوي ذا الحبيبات السابحة .
٥ ـ المفاعل الحيوي الغشائي .

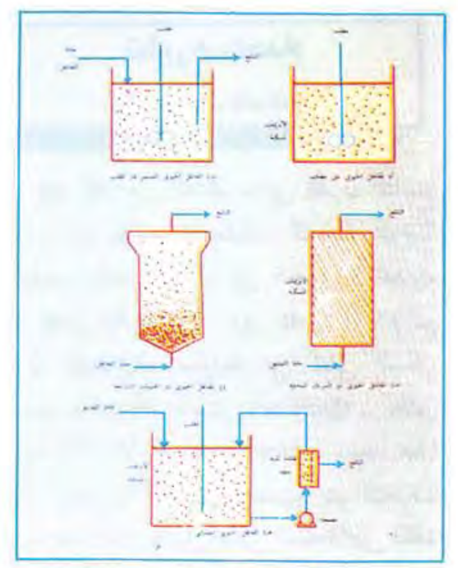
كما توجد مفاعلات تجمع بين الأنواع السابقة .

يتوقف اختيار المفاعل الحيوي المستعمل على نوع الأنزيم وطريقة التسكين ونوع الحامل (الدعامة) المستعمل والغرض المستعمل من أجله المفاعل .

يعد المفاعل الحيوي ذو السريان المسدود أكثر المفاعلات استعمالاً على نطاق تجاري وكان أول استعمالاته تجارياً انتاج الأحماض الأمينية من نوع L بوساطة أنزيم أمينو سيليز المسكن على السيفادكس المعروف بـ : (DEAE Sephadex)، ويستعمل في انتاج سكر الفركتوز من الجلوكوز بوساطة أنزيم جلوكوز ايسوميريز المسكن، وانتاج سكريات الجلوكوز والجلاكتوز من سكر الحليب (اللاكتوز) بوساطة أنزيم اللاكتيز المسكن. ويمتاز المفاعل الحيوي ذو السريان المسدود بكفاءته العالية وسهولة تشغيله وبساطة تركيبه ، وحديثاً تم ابتكار مفاعل حيوي غشائي لتسكين الأنزيمات أو الخلايا الميكروبية المستخدمة في التحولات الحيوية المختلفة يمتاز بزيادة الكفاءة عن المفاعل السابق حيث تكون الأنزيمات أو الميكروبات به في صورة حرة خلف غشاء صناعي شبه منفذ، ومن المنتظر أن ينال هذا المفاعل مكانة كبيرة في الصناعات والمجالات المختلفة التي تستخدم فيها الأنزيمات المسكنة .




شكل (١) طرق تسكين الأنزيمات



شكل (٢) أهم أشكال المفاعلات الحيوية

## تسكين الأنزيمات في الصناعة

تستعمل الأنزيمات المسكنة حالياً في عدد من الصناعات ـ خاصة الصناعات الغذائية ـ كما هو موضح في الجدول (٢) .

من أهم الصناعات التي تستخدم فيها الأنزيمات المسكنة على نطاق تجاري مايلي :

### ١ ـ انتاج الأحماض الأمينية من نوع L :

يعتبر استخدام أنـزيم امينواسيليز (Aminoacylase) في انتاج الأحماض الأمينية من نوع L (المهمة من الناحية الحيوية في التغذية) أول استخدام للأنزيمات المسكنة في الصناعة على نطاق تجاري وتم ذلك في اليابان في عام ١٩٦٩م ، ومنذ ذلك الحين تزايد استخدام الأنزيمات المسكنة في

| الصناعة | الأنزيم المستخدم |
|---|---|
| (أ) ـ مستعملة على نطاق تجاري: | |
| ١ ـ انتاج الأحماض الأمينية من نوع L | امينواسيليز (Aminoacylase) |
| ٢ ـ انتاج شراب الفركتوز من الذرة | جلوكوز ايسوميريز (Glucose isomerase) |
| ٣ ـ انتاج السكروز من بنجر السكر | الفاجلاكتوسيديز (α-Galactosidase) |
| ٤ ـ انتاج حامض ٦-١ بنسلينك | بنسلين امديز (Penicillin amidase) |
| (ب) ـ مستعملة وليست على نطاق تجاري: | |
| ١ ـ انتاج شراب الجلوكوز من النشا | الفا اميليز (α-Amylase) |
| ٢ ـ انتاج نكليتات | ريبونيوكليوتيديز (Ribonucleotidase) |
| ٣ ـ انتاج أجبان طرق مستمرة | رينين (Rennin) ببسين (Pepsin) |
| ٤ ـ انتاج امركسلين | بنسلين امديز (Penicillin amidase) |

جدول (٢) بعض التطبيقات الحالية لتسكين الأنزيمات.

الصناعات المختلفة ، ففي عام ١٩٧٣م أنشيء مصنع لإنتاج حامض الأسبارتيك من نوع L (L-Aspartic Acid) باستخدام أنزيم الاسبارتيز (Aspartase) الموجود في الخلايا الميكروبية والمسكنة بوساطة تغليفها بمركبات متبلمرة جيلاتينية مثل البولي اكريلاميد (Polyacrylamide) ، وفي عام ١٩٧٦م أنشيء

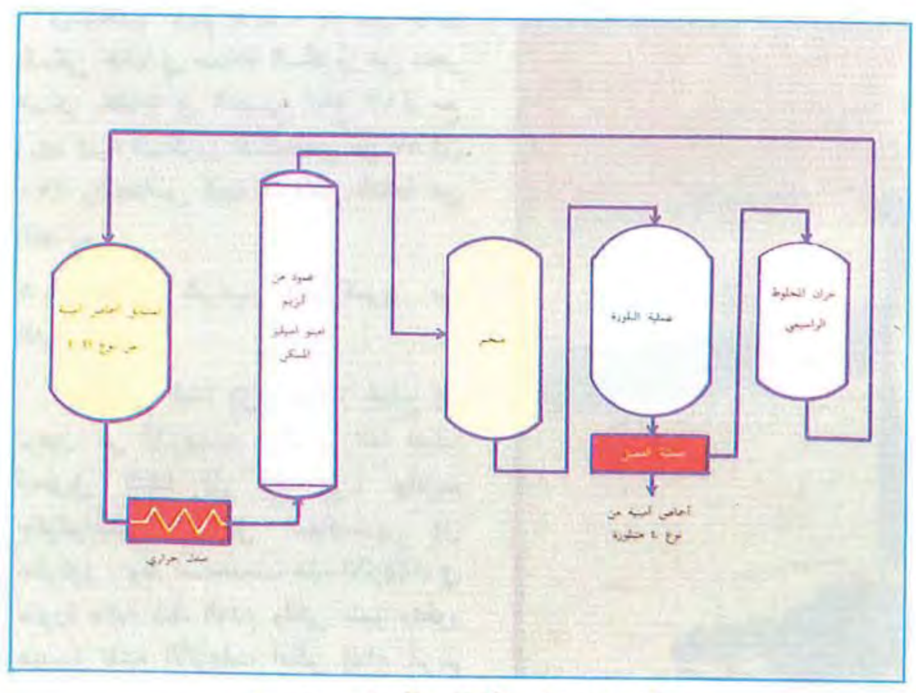
| الاستشعار الحيوي | الأنزيم |
|---|---|
| (أ) ـ تقدير الكربوهيدرات: | |
| ١ ـ جلوكوز * | جلوكوز اكسيديز (Glucose oxidase) |
| ٢ ـ سكروز * | ميوتاروتيز (Mutarotase) و انفرتيز (Invertase) |
| ٣ ـ لاكتوز * | |
| (ب) ـ تقدير الليبيدات: | لاكتيز (Lactase) |
| ١ ـ الكوليسترول الحر | كوليسترول اكسيديز (Cholesterol oxidase) |
| ٢ ـ الكوليسترول الكلي | كوليسترول استريز (Cholesterol esterase) |
| ٣ ـ الفوسفوليبيدات | فوسفوليبيز (Phospholipase D) |
| (جـ) ـ تقدير الكولين: | كولين اكسيديز (Choline oxidase) |
| (د) ـ تقدير الأمينات الأحادية | مونوامين اكسيديز (Monoamine oxidase) |
| (هـ) ـ مركبات أخرى: | |
| ١ ـ ايثانول * | الكحول اكسيديز (Alcohol oxidase) |
| ٢ ـ حامض اليوريك * | يوريكيز (Uricase) |
| ٣ ـ الأحماض الأمينية * | امينو اسيد اكسيديز (L-amino acid oxidase) |
| ٤ ـ حامض اللاكتيك * | لاكتيت ديهيدروجينيز (Lactate dehydrogenase) |

جدول (٣) بعض تطبيقات تسكين الأنزيمات في التحاليل الطبية.

مصنع آخر لنفس الغرض . يوضح الشكل (٣) مراحل انتاج الأحماض الأمينية من نوع L باستخدام الأنزيمات المسكنة .

## ٢ ـ انتاج شراب الفركتوز من الذرة :

نظراً لأن سكر الفركتوز يمتاز بالحلاوة العالية بالمقارنة ببقية السكريات مثل سكر القصب (سكروز) أو سكر الذرة (جلوكوز) فلذلك استخدم أنزيم جلوكوز ايسوميريز في الصناعة لتحويل سكر الجلوكوز الناتج من الذرة إلى سكر الفركتوز المستخدم في عديد من الصناعات الغذائية . ففي عام ١٩٧٢م أنشيء في الولايات المتحدة الأمريكية مصنع لإنتاج شراب الفركتوز من الذرة باستخدام أنزيم جلوكوز ايسوميريز المسكن ، ويوجد




شكل (٣) انتاج الأحماض الأمينية من نوع L

حالياً في الولايات المتحدة عدد من الشركات تنتج شراب الفركتوز من الذرة بنفس الطريقة ، شكل (٤) . وقد قدر انتاج الولايات المتحدة من شراب الفركتوز عام ١٩٨٥م بحوالي ٤,٥ مليون طن . كذلك يتم انتاج شراب الفركتوز في بعض البلدان الأخرى بنفس الطريقة ولكن من مواد أخرى مختلفة .

## ٣ ـ انتاج حليب أو شرش خالي من اللاكتوز :

يقوم أنزيم اللاكتيز (Lactase) بتحليل سكر الحليب (اللاكتوز) إلى جلوكوز وجلاكتوز ، ويستفاد من ذلك في انتاج حليب أو شرش خالي من اللاكتوز ، حيث يستخدم الحليب الخالي من اللاكتوز في تغذية فئة من الناس الذين يعانون من الحساسية لسكر اللاكتوز إذ يكون لديهم نقص في أنزيم اللاكتيز في الجهاز الهضمي . ويستخدم الحليب الخالي من اللاكتوز أيضاً في العديد من صناعات الألبان (اللبن الزبادي ـ المثلجات اللبنية ـ الأجبان) حيث أنه أكثر حلاوة من الحليب الطبيعي نتيجة لأن سكر الجلوكوز والجلاكتوز أكثر حلاوة من سكر اللاكتوز .

وقد أنشيء أول مصنع عام ١٩٧٧م في إيطاليا لإنتاج حليب خالٍ من اللاكتوز باستخدام أنزيم اللاكتيز المسكن وتقدر إنتاجيته بحوالي ١٠ طن حليب يومياً .

في عام ١٩٨٣م أنشأت الولايات المتحدة الأمريكية مصنعاً لإنتاج شرش خالٍ من اللاكتوز باستخدام أنزيم اللاكتيز المسكن بطاقة إنتاجية تبلغ حوالي ١٠٠,٠٠٠ جالون شرش في اليوم ، ويستخدم الشرش الناتج في صناعة المشروبات المختلفة والمثلجات اللبنية والحلويات والتخمرات الصناعية المستخدمة في إنتاج عديد من المركبات الهامة مثل الكحول والأحماض العضوية والمضادات الحيوية والأنزيمات والفيتامينات والبروتينات وحيدة الخلية .

## ٤ ـ انتاج السكروز من بنجر السكر :

عند تصنيع السكروز من بنجر السكر وجد أن سكر الرافينوز (Raffinose) الموجود في بنجر السكر يعيق من بلورة سكر السكروز . لذلك يستخدم أنزيم الالفا ـ جلاكتوسيديز في تحلل سكر الرافينوز إلى سكروز وجلاكتوز مما يزيد من كفاءة التصنيع وزيادة الناتج .

ويستخدم أنزيم الالفا ـ جلاكتو سيديز المسكن حاليا في صناعة السكروز من بنجر السكر بكفاءة في التصنيع تبلغ ١٢٪ مع زيادة كمية السكروز المستخلص من ٨٧ إلى ٩١٪ وانخفاض كمية المولاس الناتجة من التصنيع .

### ٥ ـ انتاج شراب الجلوكوز من الدكسترين :

ان تحويل النشا إلى جلوكوز يحتاج إلى نوعين من الأنزيمات: أنزيم الفا اميليز لتحويل النشا إلى دكسترين، وأنزيم جلوكواميليز لتحويل الدكسترين إلى جلوكوز . وقد استخدمت هذه الأنزيمات في صورة ذائبة منذ القدم ولكن بنمو وتطور هندسة تقنية الأنزيمات أمكن إنتاج أنزيم جلوكواميليز مسكن لاستخدامه صناعياً في انتاج شراب الجلوكوز من الدكسترين وذلك في إحدى شركات تصنيع الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية .

### ٦ ـ انتاج المضادات الحيوية :

تعد الأنزيمات والميكروبات المسكنة مهمة جداً في انتاج العديد من المضادات الحيوية مثل مركبات البنسلين والسيفالوسبورينات ، وقد أجريت دراسات عديدة على استخدام الأنزيمات المسكنة في إنتاج المضادات الحيوية وكان نتيجة ذلك إنشاء أول مصنع يستعمل أنزيم بنسلين في إنتاج مركب حامض -٦ امينوبنسيلينك (هو مركب وسطي مهم في إنتاج مركبات البنسلين) من مركبات بنزيل بنسلين وفينواوكس ميثايل الناتجة من التخمرات الصناعية بسهولة .

### ٧ ـ الأحماض العضوية :

تستعمل الأحماض العضوية بكثرة في الصناعات الغذائية والأدوية وينتج بعضها بوساطة التخمرات الصناعية ، ولقد تم انتاج حامض الماليك (L-malic acid) على نطاق تجاري في اليابان عام ١٩٧٤م من مركب فورمات الأمونيوم باستخدام أنزيم




الفيوماريز (Fumarase) المسكن ، وخطوات انتاج هذا الحامض مشابه إلى حد كبير لخطوات انتاج حامض الأسبارتيك .

## تطبيقات الأنزيمات المسكنة في المجالات الأخرى

تستخدم الأنزيمات المسكنة في مجالات الطب والصيدلة في عدة نواحي أهمها : -

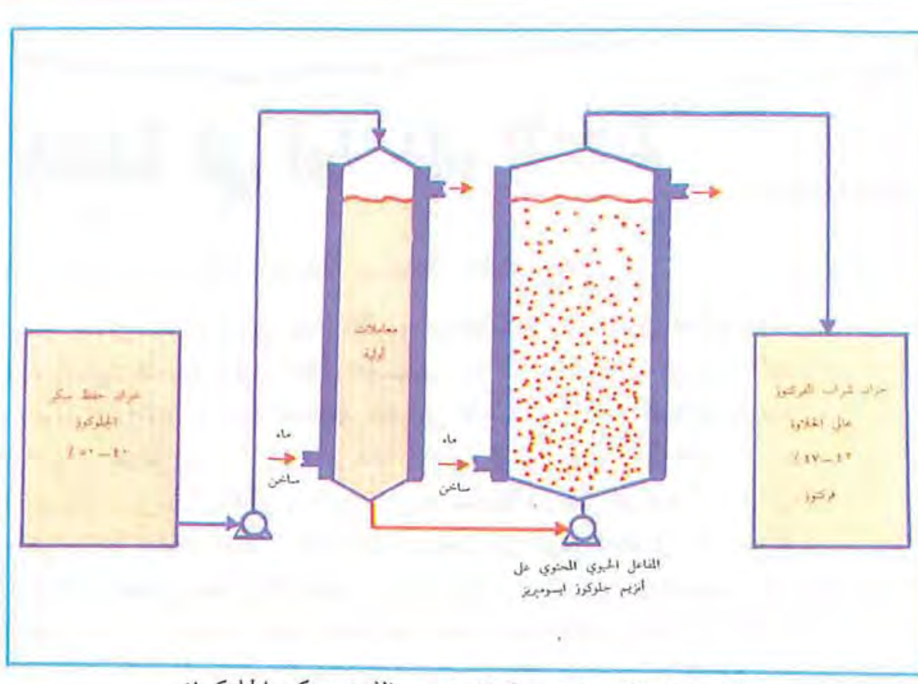
### ١ ـ التحليلات الكيماوية :

امكن ابتكار أجهزة عديدة تستخدم فيها الأنزيمات المسكنة في تحليلات مختلفة في العيادات الطبية وتسمى هذه الأجهزة بالاستشعارات الحيوية، جدول (٣) . وقد تم حالياً صنع بعض هذه الأجهزة على نطاق تجاري مثل أجهزة قياس الجلوكوز والسكروز واللاكتوز وحامض اللاكتيك وحامض اليوريك والأحماض الأمينية المختلفة والكحول واليوريا .

### ٢ ـ الخلايا الاصطناعية :

بالتقدم السريع في التقنية الحيوية بصفة عامة وهندسة وتقنية الأنزيمات بصفة خاصة ، أمكن ابتكار خلايا اصطناعية تحتوي بداخلها على أنزيمات ومواد حيوية أخرى وتحاط بأغشية شبه منفذة وذلك لاستخدامها في مجالات الطب المختلفة : فقد أمكن تصنيع الكلية الاصطناعية الصغيرة التي تستخدم في حالات الفشل الكلوي لتحل محل أجهزة غسيل الكلية الكبيرة والمكلفة . ويكون أنزيم اليوريز أحد مكونات الكلية الاصطناعية التي تستعمل لإزالة اليوريا من الجسم ، وقد أمكن استخدام أكثر من أنزيم في خلايا اصطناعية للتخلص من اليوريا وتحويلها في نفس الوقت إلى مركبات يمكن للجسم الاستفادة منها مثل الأحماض الأمينية .

أمكن أيضاً انتاج كبد اصطناعي يحتوي عدد من الأنزيمات والمواد المساعدة ومواد حيوية أخرى محاطة بغشاء صناعي شبه منفذ يسمح بمرور المركبات الذائبة ولا يسمح بمرور الأنزيمات أو المواد المسكنة الأخرى . يستخدم الكبد الاصطناعي في مراكز علاج الكبد عند حالات الفشل الكبدي ، وتجري الآن دراسات مختلفة في بعض من دول العالم المتقدم وذلك لاستخدام الأنزيمات المسكنة والمركبات الحيوية المختلفة في إنتاج خلايا اصطناعية يستفاد منها في مجالات الطب المختلفة .




شكل (٤) انتاج شراب الفركتوز من الذرة (سكر الجلوكوز)

## التطورات المستقبلية في تسكين الأنزيمات

من الواضح أن مستقبل استخدام تقنية الأنزيمات المسكنة في الصناعات والمجالات المختلفة سوف يأتي من المصانع أو الشركات نفسها بحيث يوفى بالاحتياجات اللازمة لكل شركة أو مصنع وذلك لخدمة غرض معين مثل انتاج منتجات جديدة أو تحسين المنتجات الحالية أو خفض تكاليف الإنتاج ، وتتجه البحوث حالياً إلى احداث المزيد من التطورات على هذه التقنية لتسخيرها وتعميم فوائدها في كثير من المجالات التي سنورد منها مايلي :

### ١ ـ مجال الصناعات الغذائية :

بالإضافة إلى التطبيقات التي ذكرت سابقاً فمن المنتظر استخدام تسكين الأنزيمات وعواملها المساعدة في العديد من تفاعلات التوليد الحيوي وانتاج بعض المركبات المهمة في الصناعات الغذائية مثل المنكهات والملونات المختلفة . يمكن أيضاً استخدام الأنزيمات المسكنة في صناعات الألبان مثل تصنيع الأجبان بطرق مستمرة ، وتحسين نكهة الحليب طويل الأجل واستخدام الأنزيمات المسكنة في معالجة مخلفات مياه المصانع .

### ٢ ـ مجال هندسة تقنية الأنزيمات :

وتتضمن التطورات في هذا المجال مايلي :

(أ) انتاج أنزيمات عالية الثبات عند تسكينها .

(ب) ابتكار مفاعلات حيوية جديدة (مثل المفاعل الحيوي الغشائي) .

(جـ) تحسين طرق تسكين الأنزيمات المستخدمة .

(د) تسكين عدد من الأنزيمات في نفس الوقت (التسكين المتعدد) ويستفاد من ذلك في تفاعلات التوليد الحيوي التي تتطلب عدد من الأنزيمات في وقت واحد مما يقلل من كمية المركبات الوسطية الناتجة مع زيادة كفاءة التحول الحيوي وانخفاض تكاليف توليد المركبات الناتجة .

(هـ) تسكين بعض مكونات الخلايا الحيوية ويستفاد من ذلك في إنتاج خلايا اصطناعية جديدة لها صفات مميزة تستعمل في مجالات معينة .

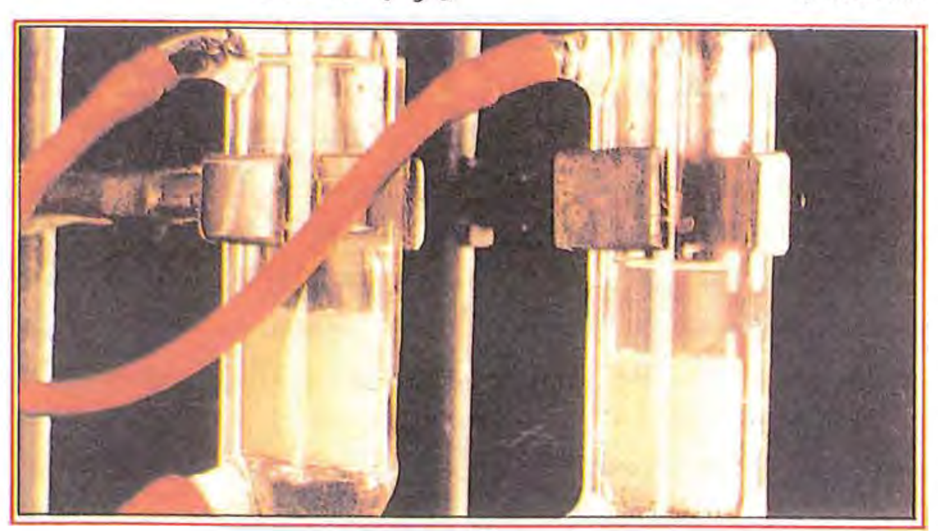
(و) تسكين الخلايا الميكروبية أو الحيوانية أو النباتية لإنتاج العديد من المركبات الحيوية النافعة في المجالات المختلفة .

### ٣ ـ مجالات التقنية الحيوية والطب :

وتشتمل التطورات في هذا المجال على الآتي .

(أ) ابتكار عديد من الاستشعارات الحيوية (Biosensors) لاستخدامها في التحليلات الدوائية والطبية .

(ب) ابتكار عديد من الخلايا الاصطناعية لاستخدامها في المجالات الحيوية المختلفة ويساعد على ذلك التطور السريع في التقنية الحيوية وتوفير العديد من المركبات الحيوية النشطة مثل الأنزيمات ومساعدات الأنزيمات وأنسجة الخلايا وغيرها بالإضافة إلى تطور إنتاج الأغشية الصناعية المتبلمرة شبه المنفذة بأشكالها وأنواعها المختلفة .



تسكين كائنات التخمير

# التقنية الجديدة في استخدام الأدوية

د. هشام سليمان أبو عودة ـ كلية الصيدلة ـ جامعة الملك سعود

خطا العلم بكافة فروعه خطوات هائلة خلال السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية تعادل في مجملها ما أنتجته البشرية على مر العصور أو تزيد . . وقد أخذت العلوم الطبية خلال الخمسين سنة الماضية نصيبها من هذا التقدم ، وبالأخص في ميدان العلاج الدوائي . . فبعد أن كانت الأدوية المتداولة تعد على الأصابع ، أصبح لدينا قرابة الثلاثين ألف مستحضر صيدلي ومازلنا نكتشف المزيد منها كل يوم . . . ولكن هذه الأدوية لا تتعدى أشكالها الصيدلية بضعة أشكال معهودة ، فهي إما أقراص وإما كبسولات وإما زروقات (حقن) وغيرها يتناولها المريض أو تعطى له في أوقات محددة في كل يوم أو حسب الحاجة ، ولكي يكون الدواء فعالاً ، فإن عليه أن يصل إلى موقع العلة في الجسم وبتركيز علاجي محدد ، فإذا قل هذا التركيز فقد لا يجدي العلاج نفعاً أو قد تطول مدته ، وإن زاد التركيز عما هو مقرر نتج عنه التسمم بالدواء أو ظهرت آثاره الجانبية الضارة . . . وأشكال الدواء التقليدية يصعب معها التكهن بالتركيز الناتج عنها بعد دخولها مجرى الدم ، ومن هنا نبعت أهمية التوصل إلى طرق جديدة لتعاطي الدواء نستطيع بوساطتها التحكم المسبق بمستوى الدواء في الجسم . . كما أن هناك أمراضاً طويلة الأجل يتناول فيها المريض دواءه لمدة طويلة قد تبلغ عدة سنوات مثل مرض السكر وأمراض القلب والسرطان وغيرها . . . وحتى لا نترك الأمر لذاكرة المريض الذي قد ينسى تناول الدواء مما يعرضه لمخاطر هو في غنى عنها لذا وجب إيجاد مثل هذه الطرق الجديدة . . . في هذه العجالة سوف نستعرض معاً بعضاً من هذه الطرق وأهميتها للمريض .

تعالوا نتخيل مريضاً ابتلاه الله بأمراض كثيرة ، وعليه أن يعيش حياته كباقي مخلوقات الله . . . لقد قام هذا المريض بنثر دواء الربو على افطاره على شكل حبيبات . . هذا الدواء من شأنه أن يسهل له عملية التنفس لمدة ٢١ ساعة وسيريحه من تناول دواء الربو بالطرق التقليدية ، وكان قبل الافطار قد قام بوضع قرص بلاستيكي شفاف شبيه بالعدسات اللاصقة في عينيه . . . ان هذا القرص الشفاف ماهو إلا طبقة بلاستيكية رقيقة مشحونة بدواء لعلاج مرض الجلوكوما (ضغط العين العالي) ، حيث يتم اطلاق الدواء من هذا القرص بمقدار محسوب ومتوازن ، وماعليه إلا أن يستبدله كل أسبوع بعد أن كان يتناول نفس الدواء على شكل قطرات يضعها في عينيه عدة مرات في اليوم الواحد ، وبما أن هذا المريض كان يستعد للسفر بالطائرة في رحلة عمل ، فإنه قام بلصق رقعة صغيرة خلف أذنه تحتوي على دواء «سكوبلامين» لعلاج دوار السفر الذي يعاني منه ، وهكذا فإنه سوف يتخلص من الدوار ومن الأقراص التي كان يتناولها بكثرة لهذا الغرض ، حيث أن الدواء الموجود في الرقعة الصغيرة سوف يتم امتصاصه عن طريق الجلد بصورة مستمرة وثابتة وبالتركيز المناسب ، ولهذا فإنه سيكون أكثر فعالية وأطول تأثيراً من الأقراص التقليدية ، أما المشكلة الأخيرة التي كان يعاني منها هذا المريض السيء الحظ فهي الذبحة الصدرية والتي اعتاد في الماضي أن يتناول عند تعرضه لها قرصاً من دواء «النيتروجلسرين» يستحلبه تحت لسانه ليخلصه من مشكلته لمدة عشر دقائق أو عشرين دقيقة فقط لتعاوده آلام الصدر من جديد . أما اليوم فإنه لن يحتاج إلى ذلك القرص ، فما عليه إلا أن يتناول رقعة بلاستيكية دائرية ويضعها على صدره أو ذراعه فتلتصق بالجلد ، فيتسرب منها الدواء عبر الجلد إلى مجرى الدم ، فتمده بكمية معروفة مسبقاً



بوضع دواء الجلوكوما (ضغط العين المرتفع) في عدسة بلاستيكية شفافة توضع على العين مباشرة . . .

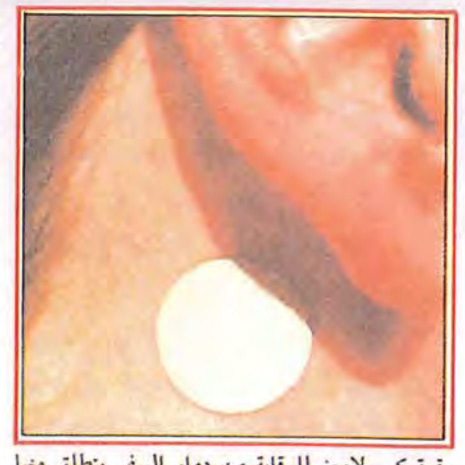
من هذا الدواء بصورة متواصلة ولمدة ٢٤ ساعة كاملة .

هذا المريض الذي لا نحسده على ماهو فيه ليس إلا صورة خيالية ، ولكن الطرق الجديدة التي تناول بها دواءه ليست كذلك فكل هذه الأدوية موجودة بالفعل ويتعاطاها

المرضى ، هذا بالإضافة إلى عشرات الأفكار الذكية الأخرى ، فهناك الحبوب التي هي عبارة عن مضخات مصغرة ، وهناك المضخات التي تتم زراعتها في الجسم لتعطي جرعات مضبوطة ومقننة من دواء الأنسولين لعلاج مرض السكر ، وهناك الفقاعات المملوءة بالدواء والتي مازالت قيد التجربة . . ومازال الكثير من هذه الأفكار في الطريق إلينا .

كل هذه المنتجات الصيدلية هي أمثلة «لتقنية اطلاق الدواء المتحكم فيه» وهو أكثر فروع الصيدلة نمواً وانتشاراً . . ، وقد طغت هذه التقنية الجديدة على الشكل الصيدلي الذي ظهر منذ سنوات والمتمثل في «العبوات الدقيقة التي تنفجر في أوقات مدروسة بعد تناولها» بحيث تحتوي العبوة الواحدة على عدة أنواع من الكرات البالغة الصغر والمملوءة بالدواء ويختلف زمن انفجار كل واحدة منها عن الأخرى وبذلك تمد المريض بالدواء اللازم لمدة طويلة . . .

بالرغم من أن أسعار هذه الأشكال الجديدة لتوصيل الدواء أكثر ارتفاعاً من أسعار الأشكال التقليدية إلا أن استهلاكها في ازدياد مضطرد لاقتناع الصيدلي والطبيب والمريض بجدوى استعمالها ، فقد بلغت مبيعاتها عام ١٩٨١م في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ١,٣ بليون دولار ، ومن المقدر أن ترتفع هذه المبيعات إلى ٦,٧ بليون دولار في عام ١٩٩٥م . . وهناك سبب وجيه لذلك وهو الفعالية المتزايدة للأدوية المتعاطاة بهذه الطرق مما يبرر سعرها المرتفع . . خذ على سبيل المثال رقاع الذبحة الصدرية ، فالبرغم من أنها تكلف دولاراً في اليوم مقارنة بالتكاليف الزهيدة لأقراص النيتروجلسرين تحت اللسان إلا أنها تزودنا بكمية معروفة ومضبوطة نتحكم فيها وهكذا فإنها غالباً ماتمنع حدوث الذبحة الصدرية مقدماً ، بينما تؤخذ الأقراص فقط



رقعة كوبولامين للوقاية من دوار السفر ينطلق منها الدواء عبر الجلد بكميات محسوبة ومناسبة .

في حالة حدوث الذبحة الصدرية وبعد أن يعاني المريض من آلامها . . ، وفي هذه الأيام تتسلط الأبحاث على كيفية التحكم في إطلاق الدواء لتوصيله إلى أجزاء معينة من الجسم للحصول على أعظم تأثير وفعالية بأقل الأضرار الجانبية . . ، فعندما يبتلع شخص ما قرصاً فإن الدواء يتوزع وينتشر في كل أنحاء الجسم، وغالباً ما يصل جزء ضئيل منه فقط إلى العضو المصاب لا يكفي لعلاج مؤثر ، ولامداد العضو بالكمية الكافية من الدواء نضطر لأن نعطي المريض جرعات أكبر وأكبر ، ويحضرني هنا ما قاله الدكتور برايان باري أستاذ التقنية الصيدلية في جامعة برادفورد البريطانية بشأن هذا الأمر إذ قال : «ان هذا يشبه أغراق ناطحة سحاب بالماء لإطفاء حريق نشب في سلة مهملات في الطابق الخامس والعشرين» .

## مضخات الدواء

ان أخذ الدواء عن طريق الفم أو الحقن له عيوب أخرى ، فعندما يحقن الدواء فإن تركيزه في الدم يصل إلى أقصى ارتفاع له بعد الحقن مباشرة ثم يبدأ في الانخفاض بمرور الوقت مما يتطلب تعاطي حقنة أخرى لرفع التركيز إلى المستوى المطلوب ، وهذا يشبه الأرجوحة مما يسبب أثاراً جانبية ضارة . . كما أن بعض الناس يأخذون الجرعة الخاطئة أو ينسون تماماً تناول الدواء مما يزيد حالتهم سوءاً . . ان الأنظمة الجديدة لتناول الدواء مصممة للتغلب على هذه المآخذ ، فبعضها بإمكانه توصيل الدواء إلى العضو المصاب بالمقدار المطلوب رغم أن جرعته أقل من جرعة الأشكال التقليدية عشر مرات أو أكثر . . وهناك بعض الأشكال الصيدلية الجديدة بإمكانها تسليم الدواء مباشرة إلى العضو المصاب وهناك أشكال أخرى تطلق كميات معروفة بدقة متناهية وبصفة مستمرة إلى مدة زمنية قد تصل إلى خمس سنوات كاملة دون أن يحتاج المريض لتناول هذا الدواء خلال هذه المدة . .

ومن المعروف أن مرض السرطان هو أحد الأمراض المستعصية والتي تتطلب وقتاً وجهداً كبيرين لعلاجه ويحتاج المريض فيها إلى تناول كميات كبيرة من الأدوية وتحت نظام علاجي خاص ، وقد تم ابتكار نوع صغير من المضخات الدوائية لا يتعدى قطرها ثماني سنتيمترات وسمكها ثلاثة سنتيمترات يتم زرعها في جسم المريض بطريقة جراحية لكي توصل لأجسامهم دفعات متواصلة من العلاج الكيميائي بحيث يصل الدواء إلى الخلايا السرطانية مباشرة ، وقد تمت تجربة هذا الشكل الصيدلي الجديد على أكثر من ألف مريض ، ولم يقتصر الأمر على علاج السرطان ، بل تعداه إلى معالجة مرض السكر إذ تم ابتكار مضخات الأنسولين التي تزرع في الجسم وتعاد تعبئتها كل فترة زمنية محددة بعد نفاد الأنسولين منها ، وقد تصل هذه المدة الزمنية إلى ستة أشهر في بعض الأحيان ، مما يريح المريض الذي عليه أن يتناول الأنسولين بالأشكال التقليدية بصورة يومية .

ويوضح الشكل (١) مضخة الأنسولين ومكوناتها ، وتتكون هذه المضخة من قرص مجوف من مادة التيتانيوم مقسوم إلى حجرتين

تحتوي الأولى على سائل الفلوروكربون وهو سائل خامل وثابت وغير سام لأنسجة الإنسان ، بالإضافة إلى مادة البيرفلوروبنتان ، أما الثانية فإنها تحتوي على محلول الأنسولين ويفصل بين الحجرتين غشاء معدني مرن قابل للتمدد والإنكماش .. والمبدأ الذي تعمل به المضخة هو أن سائل الفلوروكربون عندما يكون في حالة توازن مع بخاره فإنه يحدث ضغطاً بخارياً ثابتاً عن درجة حرارة الجسم (٣٧ درجة مئوية) ويكون هذا الضغط أكبر من الضغط الجوي بمقدار ثلاثمائة مليمتر زئبق مما يحدث بدوره ضغطاً على الغشاء الفاصل بين الحجرتين فيتدفق دواء الأنسولين من أنبوبة رفيعة وطويلة تخرج من الحجرة الثانية وتتصل بالوريد من جهتها الأخرى ، وبالتحكم في طول هذه الأنبوبة وقطرها ولزوجة محلول الأنسولين وفرق الضغط نستطيع التحكم وبمنتهى الدقة في معدل تدفق الأنسولين في الوريد (وذلك باستعمال معادلة بواسيل) ، وتتم تعبئة الحجرة الثانية بالدواء بعد نفاذه منها بوساطة حقنة عادية كما هو موضح في الشكل (٢) ، إذ يوجد ثقب في أعلا الحجرة مغطى بمادة المطاط السليكوني وعليه غشاء آخر من مادة التفلون حيث أن هذين الغشائين يقومان بالسد الفوري للثقب الذي تحدثه الحقنة فيها ... ومن الجدير بالذكر أن هذا النوع من المضخات يزرع في جسد مريض السكر تحت الجلد في منطقة الصدر تحت الترقوة .... وقد سبق لي أن شاركت مع الفريق الذي قام بتصميم أول مضخة من هذا النوع في إجراء البحوث على حيوانات التجارب قبل زراعتها في المرضى وذلك في مدينة منيابوليس الأمريكية ، ويعكف الفريق حالياً على صناعة مضخة أصغر حجماً ومزودة بإحدى رقائق السليكون المبرمجة وتعمل ببطارية من الليثيوم ومحرك صغير لتزويد المضخة بالطاقة بدلاً من مادة الفلوروكربون ، ويستوعب مستودع الأنسولين فيها مخزون أربعين يوماً من الدواء .. ومايميز هذه المضخة عن غيرها أن معدل تدفق الأنسولين في الوريد يمكن تغييره دون الحاجة إلى اجراء عملية جراحية وذلك عن طريق الاتصال برقيقة السليكون بوساطة اشارات الراديو بحيث يتلاءم معدل التدفق مع حاجة المريض وحالته .. ، ويفكر الفريق أيضاً في وضع مجسات دقيقة في المضخة بحيث تقوم هذه المجسات بقياس مستوى السكر في الدم وفي حالة نقصه فإنها ترسل اشارات إلى المضخة لتقليل تدفق الدواء بالمقدار المطلوب ، وفي حالة زيادة السكر في الدم بعد الوجبات الغذائية مثلاً فإنها تأمر المضخة بزيادة تدفق الدواء وذلك دون تدخل البشر في عملها .

## المضخة الأسموزية

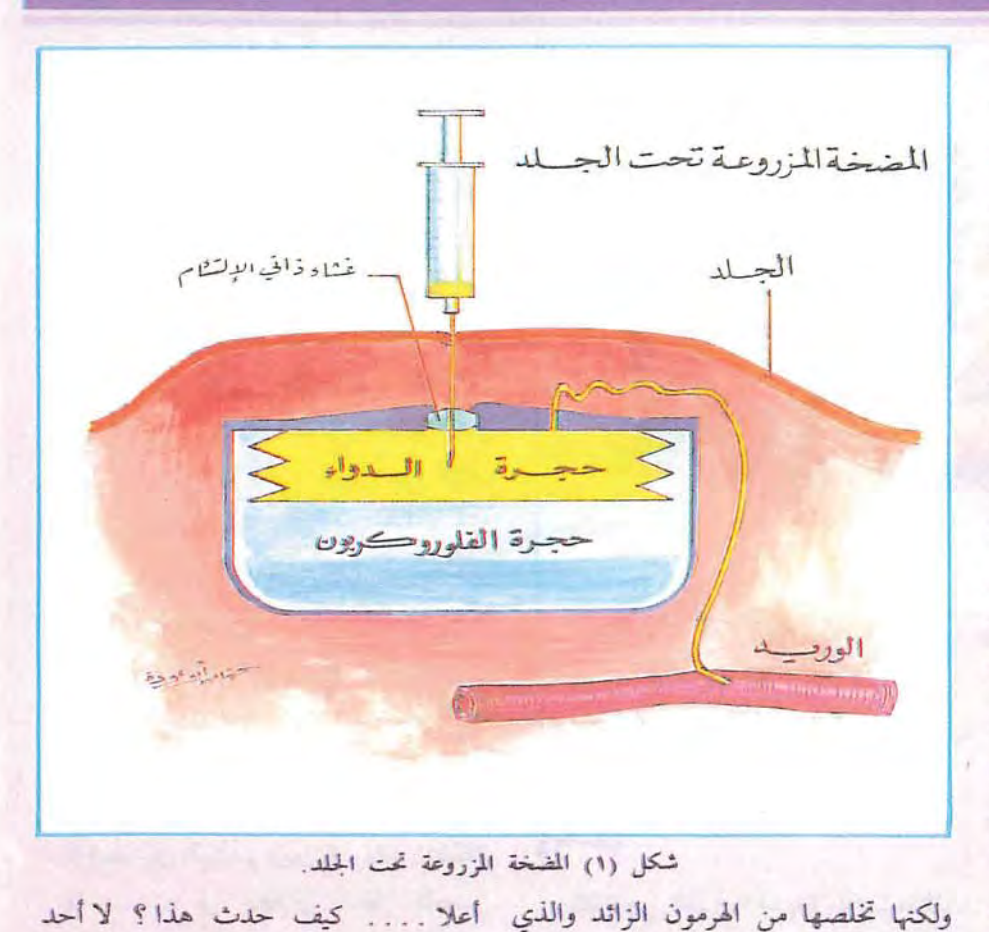
قد يجد بعض المرضى الحرج في زرع مضخة الدواء في أجسادهم أو قد لا تحتاج حالتهم المرضية لذلك ، ولهذا السبب قام العالم الشهير الدكتور تاكورو هيجوشي (توفي في أوائل عام ١٩٨٧م) في جامعة كانساس الأمريكية بابتكار مضخة يتم بلعها وتعرف هذه المضخة باسم «الحبة الأسموزية» أو «الحبة المضخة» ، وهذه الحبة ماهي إلا عبارة عن كبسولة معبأة بالدواء ومحاطة بغشاء من مادة متبلمرة معقدة شبة منفذة للماء ولكن في اتجاه واحد ، شكل (٣) فهي تسمح للعصارات المعدية بالنفاذ من الغشاء

رقعة دواء النيتروجليسيرين للوقاية من نوبات الذبحة الصدرية وتكفي المريض لمدة ٢٤ ساعة .

إلى داخل الحبة ولا تسمح لها بالخروج ، وعند دخول سوائل المعدة إلى مؤخرة الحبة فإنها تختلط بمادة ملحية ويتكون بذلك محلول ملحي مركز مما يزيد من سريان سوائل المعدة إلى مؤخرة الحبة نتيجة للضغط الأسموزي الناتج عن محلول الملح فيزداد حجم السائل في الحبة ويزداد بالتالي الضغط على جدرانها من الداخل ، ولكن الحبة محاطة من جميع جوانبها بغشاء صلب غير قابل للتمدد فيتركز الضغط بالتالي على الغشاء المرن الذي يفصل بين محلول الدواء وبين محلول الملح مما يدفع محلول الدواء من الفتحة الضيقة الوحيدة في الحبة والمصممة لهذه الغاية ، وهكذا فإن الدواء يتم اطلاقه تدريجياً وبصورة مستمرة حتى ينضب مخزون الدواء خلال ٢٤ ساعة وهو الوقت الذي تستغرقه الحبة بعد ابتلاعها للخروج من القناة الهضمية ، وقد استخدمت هذه الحبة بالفعل في تجارب اكلينيكية على المرضى لتوصيل أنواع شتى من الأدوية ومن أهمها الدواء المعروف باسم «اندوميثاسين» . . . ورغم جموح هذه الفكرة وابداعها فإنها لم تلق النجاح المرتقب لعدم التحكم الكامل في معدل اطلاق الدواء منها .

## الدواء المغناطيسي

هناك العديد من الأشكال الدوائية التي تم ابتكارها لتستوعب هذا الكم الهائل من الأدوية الكيميائية الحديثة التي ظهرت إلى حيز الاستعمال العلاجي خلال العقدين الأخيرين من الزمن ، ومن هذه الأشكال محاولة علماء الصيدلة ابتكار أجهزة صغيرة يتم ادخالها في الرحم لتزويد النساء بالهرمونات المضادة للاباضة لتنظيم النسل ، وعمر مثل هذا الجهاز سنة كاملة أو أكثر ويزود المرأة بجزء صغير جداً من كمية الهرمونات التي تحتويها حبوب منع الحمل التقليدية ومع ذلك فإن لها نفس الفاعلية



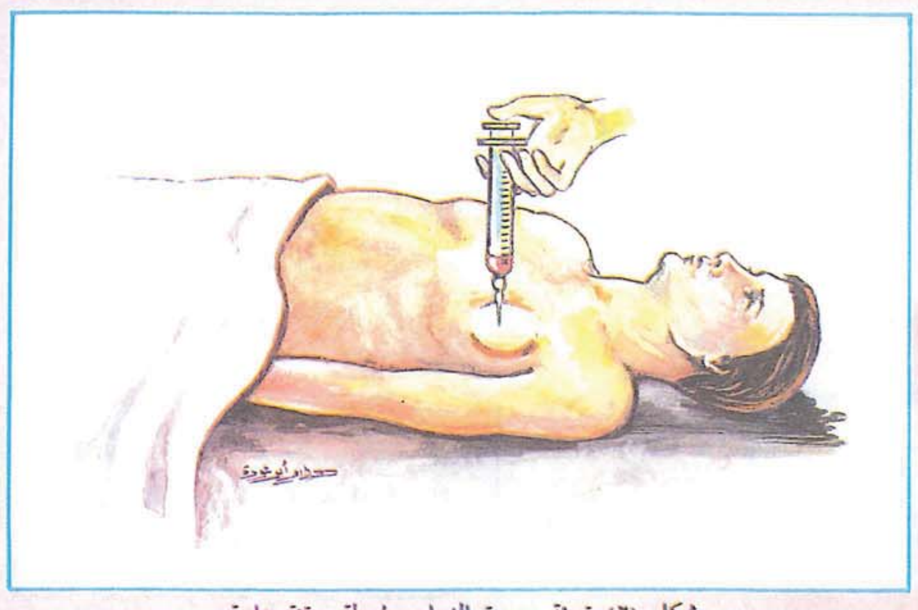

شكل (١) المضخة المزروعة تحت الجلد.

ولكنها تخلصها من الهرمون الزائد والذي يسبب أعراضاً ضارة كثيرة ، وهناك فكرة أخرى وهي وضع الدواء في داخل تشابكات ألياف بلاستيكية مفرغة وصغيرة جداً ، بحيث توضع هذه الألياف المحتوية على المضار، فقد قام روبرت لانغر من معهد نسيج اللثة لعلاج أمراض اللثة والأسنان ، وهناك أفكار عديدة تشبه هذه الأفكار والتي تستخدم المواد المتبلمرة ولكن الفكرة الأكثر جموحاً هو استخدام المغناطيسية في هذا المضمار ، فقد قام روبرت لانغر من معهد ماساتشوستس للتقنية بوضع مسحوق الدواء في قطع متبلمرة منفذة للماء مصممة بحيث تزرع تحت الجلد ، وعندما تتسرب سوائل الجسم خلال القطعة فإنها تمددها وينطلق الدواء من مساماتها ، وأضاف لانغر فيها بعد كرات مغناطيسية صغيرة جداً في القطع المتبلمرة ، وقد قام بتجربتها على الحيوانات ، فوجد أنه عندما وضعت الحيوانات في مجال مغناطيسي متردد أطلقت القطع الدواء المخزون فيها بمعدل أعلا . . . . كيف حدث هذا ؟ لا أحد يعرف على وجه الدقة ، ولكن لانغر يخمن أن الحقل المغناطيسي جعل الكرات المغناطيسية تتحرك وتتذبذب مما جعلها تضغط على الدواء فتعصره وتخرجه من ثقوب القطعة المسامية ، ويتنبأ هذا العالم أنه سيأتي يوم يتلقى فيه المريض أدوية مغناطيسية تزرع في جسده ويقوم هو بإطلاق الدواء منها حسب حاجته وذلك بتوليد حقل مغناطيسي عن طريق جهاز مثبت بساعة اليد أو في الملابس .

## الدواء الكهروكيميائي

هناك أفكار أخرى مبتكرة يتم تنفيذها في جامعة مينيسوتا الأمريكية حيث يقوم أحد العلماء بتطوير أجهزة متقدمة جداً والتي يحاول عن طريقها التحكم في سريان الموصلات (الناقلات) العصبية في المخ فقد تم تصميمها لإرسال أشكال صناعية من

مادة المخ الكيميائية الضرورية والمسماة «دوبامين» إلى خلايا المخ التي تفتقر إلى هذه المادة الطبعية مباشرة . . . ان الخلل وعدم التوازن في مستوى مادة الدوبامين في المخ يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمرض باركنسون (الشلل الرعاشي) وبمرض الفصام . . . ان هذه التقنية الجديدة قد تعمل على تحسين حالة المرضى الذين يعانون من مثل هذه الأمراض ، والشكل الدوائي الجديد الذي يتم اختباره يتكون من قطبين من ألياف الكربون لا يزيد سمكهما عن واحد من الألف من البوصة ويفصلهما عن بعضهما نقطة واحدة من محلول ملحي ، ويتم ربط دواء الدوبامين على سطح أحد القطبين المغناطيسيين بطبقة رقيقة جداً من مادة بوليمرية تشبه البلاستيك ، وعندما يتم امرار تيار كهربي ضعيف خلال القطبين فإن الرابطة بين البوليمر وبين الدوبامين تتفكك مما يتسبب في انطلاق الناقل العصبي دوبامين ليسري في الفراغات بين خلايا المخ والوصلات العصبية ، وفي خلال ثوان قليلة يحدث اتصال كهروكيميائي طبعي ، فالأقطاب تقوم بتقليد الطريقة التي تنتقل بها كيميائيات الدماغ بين الخلايا ، وهكذا فإنه يمكن زرع هذه الأقطاب في الدماغ حيثما نحتاج إلى تصحيح نقص مادة الدوبامين . وقد قام باختراع هذه الطريقة الدكتور لاري ميللر .



شكل (٢) تعبئة حجرة الدواء بواسطة حقنة عادية .

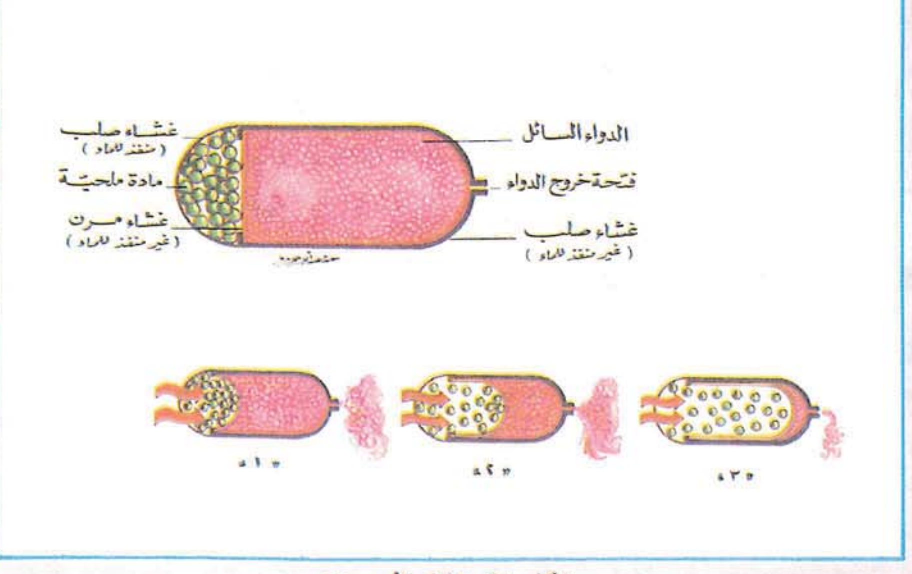
## وبعد :

كثيرة هي الطرق الجديدة ولكنها مازالت قيد التجربة وهناك طرقاً أخرى لإيصال الدواء إلى خلايا بعينها وتمت تجربتها بنجاح . . ومن هذه الطرق طريق واعدة تتضمن استعمال الأجسام المضادة حيث يتم دمجها في فقاعات مجهرية تدعى «اللايبوزومات» لإيصال الأدوية السامة إلى الخلايا السرطانية مباشرة دون ايذاء أي من الخلايا السليمة القريبة منها ، وتتم هذه العملية بأن تعبأ كل «لايبوزوم» بكمية من الدواء ثم يتم ربط الجسم المضاد للخلية السرطانية بها وعندما تحقن في الجسم فإن الجسم المضاد يبحث عن خلية السرطان جاراً معه فقاعة الدواء حتى يجد الخلية فيلتصق بها ، وتساعد الخمائر الموجودة في الخلية على تحلل الفقاعة فينطلق الدواء منها حيث يقوم بعمله في قتل الخلايا السرطانية المجاورة أيضاً . .

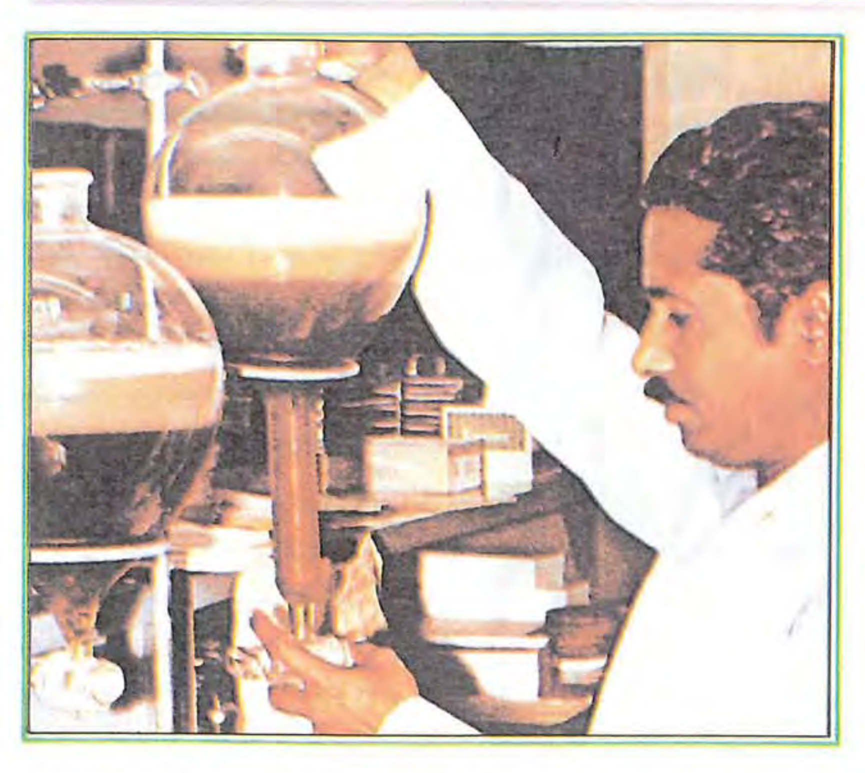
ان الطريقة التقليدية أصبحت ـ رغم أهميتها ـ غير كافية في علاج كثير من الأمراض وفي بعض الأحيان غير آمنة . . . ويقول الدكتور تاكورو هيجوشي أعظم علماء العصر في هذا المجال: «عندما تكون الأدوية قليلة الفعالية، لم يكن الأمر مهماً، ولكن عندما أصبحت الأدوية التي نتوصل إلى اكتشافها قوية، فإن اختيار طريقة إيصال الدواء أصبحت هامة جداً» . . .

وعموماً، فإن جميع المؤشرات والدلائل تشير بامكانية تطوير هذه التقنية تطويراً مذهلاً .

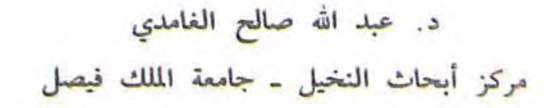
ولا ندري ما الذي ستتفتق عنه قريحه العلماء في المستقبل .




شكل (٣) الحبة الأسموزية .



# تقنية زراعة الخلايا والأنسجة النباتية



د. عبد الله صالح الغامدي
مركز أبحاث النخيل ـ جامعة الملك فيصل

**تميز القرن العشرون وخاصة العقد الثامن منه بظهور تطور هائل في أساليب الزراعة وحاول العلماء جاهدين ابتكار طرق زراعة حديثة تواكب التقدم المذهل في جميع الميادين وتساير النمو السكاني المتزايد مع تزايد الحاجة إلى الغذاء لتحقيق الاكتفاء الذاتي والأمن الغذائي اللذان أصبحا الشغل الشاغل للدول المتقدمة والنامية ودول العالم الثالث على حد سواء ، فكان ان ظهرت تقنية زراعة الخلايا والأنسجة كوسيلة للتكاثر السريع للمحاصيل الزراعية من ناحية مع الاحتفاظ بالصفات المرغوبة في أصناف تلك المحاصيل من ناحية أخرى ، والأهم من ذلك انتاج اعداد هائلة من النباتات بتكاليف زهيدة جداً إذا ما قيست بتكاليف الزراعة التقليدية ، وقد كانت البداية في مختبر عالم النبات النمساوي جيرهارد هبرلاند وذلك في بداية القرن الحالي ، وبالتحديد عام ١٩٠٢م عندما وضع نظريته المشهورة والتي تقول أن الهرمونات يمكنها أن تجعل نمو أجزاء النبات ممكناً إذا وضعت في وسط زراعي مناسب ، وبعد عشرين عاماً تقريباً ، وفي جامعة كورنيل وضع عالم النبات لويس كندسون النظرية السابقة موضع التنفيذ وذلك بتنمية بذور نبات السحلبية (Orchid) في وسط زراعي يحتوي على بعض الهرمونات ، وبعد ذلك بفترة قصيرة تمكن العالم ليباخ من انتاج هجين الكتان وذلك بزراعة الأجنة في وسط زراعي يحتوي على بعض الهرمونات ، وفي عام ١٩٤٦م تمكن العالم ارنست بول من الحصول على نبات كامل تم انتاجه من القمة النامية كما قام فريق من العلماء من جامعة كاليفورنيا بإشراف كل من العالم مورل والعالم مارتن بتطوير هذا الاكتشاف ، وأوضحوا أن هذا النبات الذي تم الحصول عليه كان خالياً من الأمراض الفيروسية .**

وفي منتصف الخمسينيات حدث تطور هام جداً بعد أن تمكن العالمان فويك سكوج وكارلوس ميلر من معرفة تأثير هرمون الأوكسين (Auxin) وهرمون السايتوكينين (Cytokinin) على نمو النبات وكذلك تأثير نسبة احدهما إلى الآخر على نمو وتطور النبات ، وبعد ذلك تابع العالم مورل هذا التطور بالحصول على نمو وتكاثر سريع لبراعم طرفية لنباتات السحلبية .

هذا وقد أثبتت تقنية زراعة الأنسجة نفسها كطريقة مهمة جداً لإنتاج نباتات خالية من الأمراض وخاصة الفيروسية منها ، كما أثبتت أهميتها أيضاً في أبحاث الهندسة الوراثية والدراسات النباتية الأخرى لا سيما أنه يمكن انتاج نبات كامل بوساطة زراعة خلية نباتية واحدة .

وقد تطورت تلك التقنية تطوراً سريعاً في الستينيات ، أما في السبعينيات فقد كانت نتائج الأبحاث في هذا المجال قد خرجت من المختبرات إلى الإنتاج التجاري وأصبحت وسيلة مهمة جداً لتكاثر وتطوير النباتات ـ ويرجع الفضل في هذا كله إلى العالم توشيو مورشيقي الذي طور تلك التقنية ـ وأصبحت حقيقة يراها ويمارسها المزارع في معظم دول العالم .

## تقنية زراعة الأنسجة

سنحاول في السطور التالية القاء الضوء على جوانب تلك التقنية الحديثة بشيء من الايجاز الشديد حيث أن الموضوع متشعب ولكن سنتناوله بصورة مختصرة تعطي القاريء الكريم فكرة مبسطة عن ماهو مقصود بزراعة الأنسجة. ومتطلباتها ومقوماتها، وتتلخص خطوات الزراعة في الآتي :

١ ــ اختيار النبات المناسب وأحياناً يدعى الأم بحيث تتوفر فيه صفات نمو ممتازة ومميزة، ويتأتى ذلك عن طريق الأبحاث والملاحظة بحيث يصبح النبات الذي يتم إختياره أنموذجاً يحتذى للإنتاج .

٢ ــ يتم بمهارة بوساطة تشريح النبات استئصال براعم وأحياناً أجزاء أخرى في النبات مثل القمة النامية الطرفية أو المرسيتم أو الأندوسبرم أو الأجنة أو البويضة أو المبيض ويتوقف اختيار الجزء المزروع على الهدف والغرض من الزراعة أو التربية .

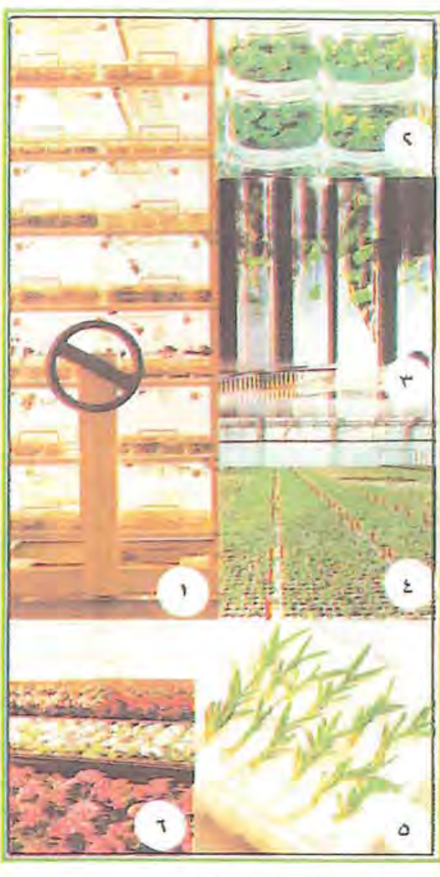
٣ ــ يلي ذلك زراعة الجزء المستأصل من النبات تحت ظروف معقمة ونظيفة في داخل أنبوبة زجاجية (أنبوبة اختبار) تحتوي على مواد غير عضوية تحتوي بدورها على المعادن الأساس التي يحتاجها النبات لنموه وتشمل العناصر الكبرى وأهمها : ــ

النيتروجين (N) ، الفوسفور (P) ، البوتاسيوم (K) ، الكبريت (S) ، الكالسيوم (Ca) ، المغنيسيوم (Mg) .

والعناصر الصغرى وأهمها :

الحديد (Fe) ، البورون (B) ، الملبدينوم (Mo) ، المنجنيز (Mn) ، الكوبلت (Co) ، الزنك (Zn) ، النحاس (Cu) ، الكلور (Cl) .

كما تحتوي على المواد العضوية ومنها السكريات وأهمها : السكروز .




١ ـ غرفة زراعة الأنسجة .
٢ ـ نباتات مزروعة في إناء زجاجي .
٣ ـ نباتات مزروعة في أنابيب اختبار .
٤ ـ النباتات بعد نقلها إلى البيوت المحمية .
٥ ـ نباتات جاهزة للنقل والتشتيل والتصدير .
٦ ـ نباتات كاملة ناتجة من زراعة الأنسجة .

وكذلك الفيتامينات وأهمها :

فيتامين ب المركب ، الثيامين ، الأينوسيتول ، حامض النيكوتينك .

وتحتوي البيئة أيضاً على هرمونات أساس خالية من الأمراض وتلعب دوراً هاماً في نمو الأنسجة والخلايا وأهم هذه الهرمونات : الأوكسينات والسايتوكينين ، ولجعل هذا الوسط الغذائي متماسكاً تضاف مادة جيلاتنية تدعى آجار (Agar) كما يحتوي الوسط أحياناً على فحم نشط .

٤ ــ توضع البيئة السابقة في غرفة البيئات مع جزء النبات المستأصل تحت ظروف محدودة ومنها :

(أ) درجة الحرارة .

(ب) الرقم الهيدروجيني (pH) .

(جـ) الأكسجين .

(د) ثاني أكسيد الكربون .

مع التحكم في الإضاءة من حيث نوعها وكثافتها وفترتها ، وتظل البيئة تحت هذه الظروف إلى أن تتكون مجموعة من الخلايا تسمى نسيج الكدب (Callus) .

٥ ــ يتم نقل النسيج المتكون إلى بيئة أخرى فيها بعض التغيرات في المحتوى الكيميائي والظروف الخارجية وتوضع في غرفة البيئات حتى يتم تكوين جذور وسيقان .

٦ ــ بعد نمو النبات ينقل في أنابيب اختبار أكبر حجماً ويعرض لإضاءة إضافية لتمكينه من تكوين المواد الغذائية بنفسه عن طريق التمثيل الضوئي .

٧ ــ تنقل النباتات بعد ذلك إلى البيوت المحمية وتظل هناك فترة كافية حتى تصل إلى درجة مناسبة من النمو ويتم خلال تلك الفترة تغيير الظروف المحيطة بالنباتات تدريجياً من حيث درجة الحرارة والرطوبة تمهيداً لنقل النباتات إلى الحقل .

## مزايا تقنية زراعة الأنسجة

باتباع الطريقة السابقة يمكن تحقيق العديد من الفوائد والمزايا في آن واحد وهي :

١ ــ الحصول على كميات هائلة من النباتات على مدار العام دون التقيد بوقت محدد للزراعة .

٢ ــ الحصول على نباتات متجانسة من حيث صفات البنية الشكلية والصفات الوراثية .

٣ ــ الحصول على نباتات خالية من الأمراض وخاصة الفيروسية .

٤ ــ ضمان النسبة الحيوية العالية في نقل وشتل النباتات .

٥ ـ التغلب على معظم مشاكل التكاثر والتربية ، وأحياناً تكون الحل الوحيد للتكاثر أو التربية .

٦ ـ طريقة اقتصادية سهلة وسريعة .

## زراعة الخلايا

الخلايا النباتية يمكن زراعتها في البيئات المغذية المحتوية على العناصر المعدنية الكبرى والصغرى وكذلك على بعض المواد الأخرى مثل الهرمونات والفيتامينات والأحماض الأمينية ، وتبدأ عادة زراعة الخلايا بزراعة جزء من النبات يحتوي على عدد كبير جداً من الخلايا في وسط مغذي متماسك بوساطة (الآجار) وبعد بضع أسابيع يتكون نسيج الكدب (Callus) الذي يعاد زراعته عدة مرات في بيئات مغذية طازجة .

وحتى تتم زراعة الخلايا مفردة يتم نقل نسيج الكدب إلى بيئة غذائية طازجة غير متماسكة لا تحتوي على (الآجار) وتوضع في هزاز وبالتدريج وبعد عدد من الأسابيع وبإعادة زراعتها في بيئات طازجة جديدة يتم في النهاية الحصول على معلق خلوي (Cell Suspension) يحتوي على عدد كبير جداً من الخلايا المفردة وكذلك الخلايا المتكتلة .

ومن الجدير ذكره أنه يختلف الوقت اللازم للحصول على الكدب والمعلق الخلوي كثيراً من نبات إلى آخر ويعتمد على الجزء النباتي المزروع وكذلك على التركيب الكيميائي للبيئة الغذائية .

وعادة ما يتكون المعلق الخلوي من خليط من التجمعات (الكتل) الخلوية وبعض العناقد الخلوية وكذلك بعض الخلايا المفردة .

يكون نمو هذه المزروعات في البيئات غير المتماسكة عادة أسرع بكثير من نموها في البيئات المتماسكة والمحتوية على الاجار ويرجع ذلك إلى أن هذه التقنية تزيد من التحكم في البيئة كما أن جميع الخلايا محاطة بالوسط الغذائي كذلك تكون المواد الخلوية أكثر تجانساً فسيولوجياً .

ويمكن الحصول بهذه التقنية على نسيج الكدب وكذلك المعلق الخلوي من عدد كبير من النباتات ولكن البدء في الزراعة يختلف من نبات إلى آخر كما أنه يعتمد على مصدر النسيج .

يمكن كذلك تجريد الخلية النباتية من جدارها الخلوي وذلك بعدة طرق منها الطرق الكيميائية باستخدام الأنزيمات المحللة للجدار الخلوي مما يؤدي إلى فصل البروتوبلاست (Protoplast) ، كما يمكن دمج بروتوبلاست (Protoplast Fusion) لأكثر من خلية من نفس النبات أو من نباتات مختلفة ومتقاربة وراثياً ثم زراعتها كما هو متبع في زراعة الخلايا وبذلك يمكن تكوين نبات جديد يحمل صفات لنباتين أو أكثر .

## تقنية زراعة الخلايا

الوحدة الأساس في تركيب النبات هي الخلية النباتية وجميع الخلايا في النبات جاءت أصلاً من تلقيح البويضة التي تنقسم بدورها بعد ذلك إلى خلايا عديدة كل منها مشابهة تماماً للأخرى ، إلا أن كل واحدة بعد ذلك تسلك طريقاً مغايراً للأخرى ، فبعضها تكون في الجذور والأخرى في السيقان والثالثة في الثمار . . الخ . ويرجع السبب في ذلك إلى الظروف المحيطة بالخلية وكذلك إلى عوامل وراثية داخل الخلية وتعرف هذه الظاهرة بالقدرة الوراثية الكامنة في الخلية المزروعة (Totipotency) وتحتفظ الخلية بهذه الظاهرة في مكوناتها الوراثية حتى تتعرض للظروف التي تساعدها أو تجبرها على الظهور ، ويأتي هنا دور الهندسة الوراثية والتي تتلخص في اجراء تغيير في صفات تلك الخلايا ، وذلك بتعريضها لمواد كيميائية أو أشعة بنسب معينة مما يؤدي إلى حدوث تغيير في تركيب الكروموسومات أو المورثات ـ وهي العوامل الوراثية المسؤولة عن نقل الصفات من جيل إلى جيل ـ وهذا التغيير بدوره يؤدي إلى احداث صفات جديدة مرغوبة أو غير مرغوبة تخالف صفات النبات الأم ، وتسمى هذه الظاهرة بالطفرة ، ويمكن استغلال هذه الظاهرة وبطرق انتخابية محددة التحكم في الحصول على نباتات ذات صفات محدودة تخدم غرض معين ، فيمكن الحصول على نباتات مقاومة للملوحة أو الجفاف أو مقاومة للأمراض ، كما يمكن دمج أكثر من بروتوبلاست من نبات أو أكثر للحصول على نبات جديد يحمل صفات عدة نباتات أو صفات مرغوبة تحددها طبيعة الدراسة .

## تكاثر النخيل عن طريق زراعة الخلايا والأنسجة

وجد أن نخيل التمر لديه القدرة على النمو من الخلايا والأنسجة والأعضاء وقد وفرت هذه الطريقة المناسبة انتاج اعداد كبيرة من الفسائل المتجانسة والمتشابهة وراثياً ، وقد نشر في العشرين عاماً الأخيرة عدد من الأبحاث في مجال زراعة الأنسجة والخلايا في نخيل التمر معظمها يفيد أنه تم الحصول على نباتات صغيرة من أنسجة النخيل الجنسية واللاجنسية الخضرية ، وأهم الأجزاء المزروعة من نخيل التمر هي : ـ

١ ـ البراعم الجانبية والقمة النامية (الطرفية) :

زرعت البراعم الجانبية والقمة النامية (الطرفية) لنخيل التمر في معظم المختبرات العالمية حيث وجدت أنها أكثر الأنسجة تهيئة لتكوين نسيج الكدب ومن ثم النباتات

الصغيرة ، وقد تمكن عدد من العلماء ومنهم العالم تيزرات من الحصول على نباتات صغيرة حية من البراعم الجانبية والقمة الطرفية .

٢ ــ الجنين والبويضة :

تمكن العالم سكررودر في عام ١٩٧٠م من الحصول على نمو جذري وذلك عند زراعته لأنسجة أجنة في بيئات مختلفة ، بعد ذلك تمكن عمار وبن بادس من الحصول على نبات كامل لنخلة التمر من نسيج الجنين ، وفي عام ١٩٧٩م استطاع رينولد ومورشيقي وبوساطة التركيز العالي لهرمون 2,4 - D مع الكربون النشط من الحصول على أجنة جسدية من البويضة وقد أوضحا أن الكدب الناتج من نسيج جنيني يتوقف عندما تصل الأجنة الجسدية لمرحلة النضج .

٣ ــ الأزهـــار :

تمكن كل من العالم دريرا وبن بادس من زراعة مباديء المدقة لزهرة غير ناضجة في مرحله من النمو النشط مما أدى إلى تغيير تكشف الجزء الانثوي إلى أنسجة مرستيميه في وسط مغذى يحتوي على سكروز ، ثم تتابعت البحوث وتمكن دريرا من تكوين نسيج كدب جنيني أو ظهور براعم تكون نباتات صغيرة بعد ذلك ، وحديثاً تمكن العالم تيزرات من الحصول على نباتات صغيرة من أنسجة ناتجة أصلاً من الأزهار .

٤ ــ البروتوبلاست :

اتضح أن بروتوبلاست خلايا نخيل التمر الذي يمكن الحصول عليه من نسيج الكدب الجنيني قادر على تجديد جدار الخلايا ومن ثم تكوين نسيج الكدب ، وقد لوحظ حدوث دمج تلقائي للبروتوبلاست مما نتج عنه بروتوبلاست عملاق ولكن غير ثابت كما أن اعادة زراعة النسيج الجنيني أو نباتات صغيرة من نخيل التمر ناتجة من البروتوبلاست لم يتم التوصل إليه حتى الآن .

وبشكل عام فإن نخيل التمر أثبت قدرته على التكاثر المتواتر خارج الجسم الحي وذلك بوساطة التكاثر الجنيني أو العضوي وذلك كالتالي :

(أ) التكاثر العضوي :

من المعروف أن الخلايا يمكن أن تسلك أنماط نمو مختلفة ، فالخلايا المرستيمية تتجه إلى التكاثر العضوي (Organogenesis) وذلك باتجاهها إلى أن تكوين الأعضاء ، كما أن أساس التحكم في آلية التكشف في النبات تتطلب نوع من التوازن بين هرمونات الأوكسينات والسايتوكينين إضافة إلى أن تكوين الأعضاء في الجسم الخارجي يعتمد على عدد من العوامل أهمها الصنف ، النسيج ، العناصر المعدنية في الوسط الغذائي ، السكريات ، منظمات النمو ، الظروف البيئية المحيطة مثل الإضاءة والحرارة . وفي عام ١٩٧٩م تمكن العالم ريس وآخرون من تطوير تقنية التكاثر التي تعتمد على تجذير السيقان الناتجة عن البراعم الابطية والتي زرعت في بيئة مع بعض الإضافات الأخرى مثل هرمونات الأوكسينات ، والسايتوكينين ، وقد أمكن انتاج نباتات كاملة عن طريق التكاثر العضوي في النخيل وذلك بزراعة القمة النامية لنبات مكتمل النمو أو نباتات صغيرة أو نباتات بذرية صغيرة ، وقد لوحظ أن البراعم الابطية تتكون في بعض القمم النامية المزروعة لنخيل التمر إلا أن العدد المتوالد من النباتات الصغيرة بهذه الطريقة قليل جداً ، كذلك أمكن توالد البراعم الابطية للبراعم النامية المزروعة وتم الحصول على نباتات صغيرة من هذه البراعم عن طريق تكوين الأعضاء .

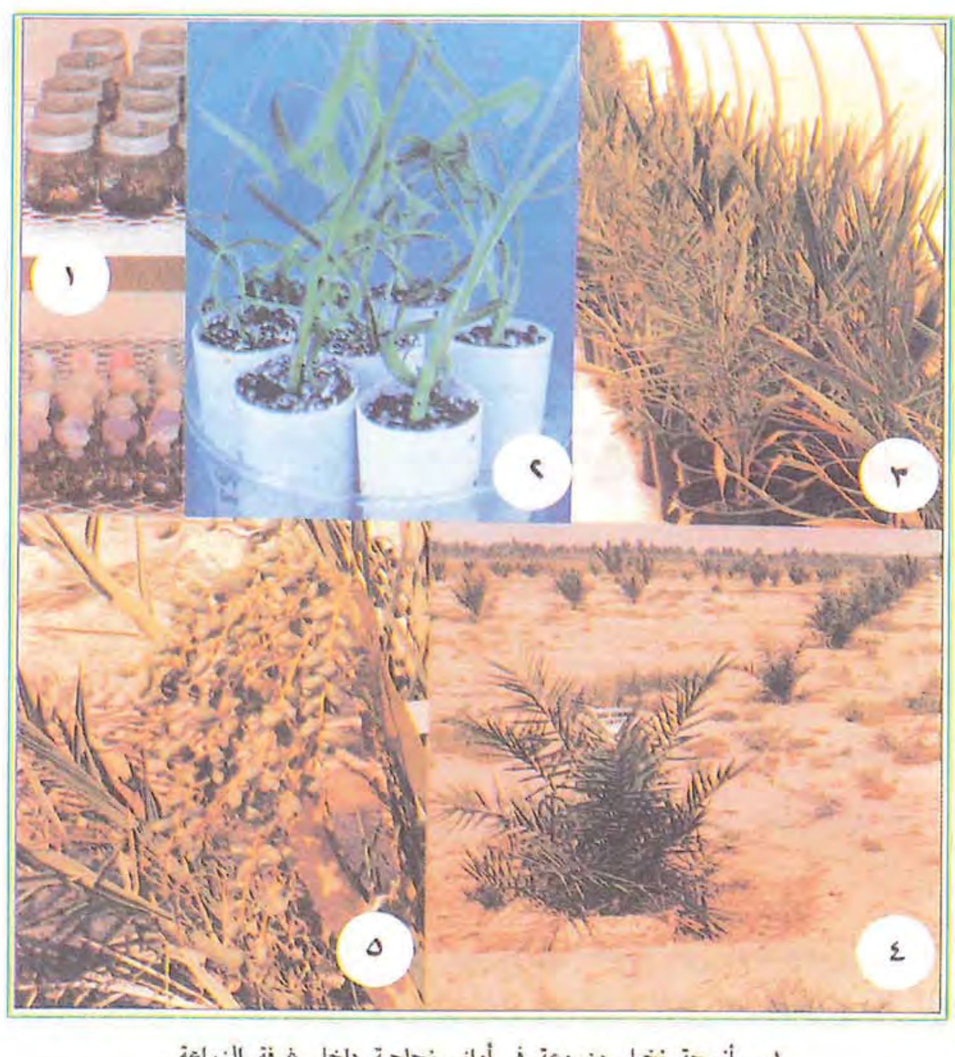
(ب) التكاثر الجنيني :

عرف التكاثر الجنيني الجسدي في معظم النباتات كطريقة للتكاثر خارج الجسم الحي وذلك مشابهة لما يحدث في النواة متعددة الأجنة أو الأجنة الجسدية العرضية والذي يعتمد فيه على ظاهرة القدرة الوراثية الكامنة في الخلية المزروعة (Totipotency) حيث يعطي تركيباً وراثياً ظاهرياً مشابهاً تماماً للبيضة الملقحة في المبيض . يتم الحصول على أجنة جسدية لا جنسية من أنسجة نباتية مختلفة وذلك بتكوين كدب جنيني أولاً ، وقد أمكن تكوين الكدب الجنيني لمباديء الأوراق ومباديء الأزهار غير الناضجة وكذلك القمة الطرفية ، ويتم التحكم في ذلك بمستويات مختلفة من الأوكسينات . وبعد أن يتم الحصول على الأجنة الجسدية اللاجنسية يتم فصلها من الأنسجة المحيطة بها ثم تجبر على تكوين مباديء الجذور والسيقان من نهاية الأطراف القطبية للجنين الجسدي ، وقد وجد أن كتل الكدب تتميز بقوة وراثية عالية وكامنة عندما تنمو في بيئة سائلة أو صلبة وقد كان أول التقارير التي نشرت عن انتاج أجنة لا جنسية ومن ثم نباتات كاملة في نخيل الزيت ، وقد تم تطبيق طريقة التكاثر الدقيق لنخيل التمر وخاصة طريقة التكاثر الجنيني على نطاق تجاري .

## تحسين الصفات الوراثية لنخيل التمر

لقد تدهور انتاج النخيل في مناطق عديدة من العالم ويعود السبب في ذلك إلى الإصابات المرضية أو عدم توفر الأصناف الجيدة بجانب العديد من المشاكل والمعوقات في تربية وتحسين الصفات الوراثية لنخيل التمر بالطرق التقليدية حيث أنها بطيئة نسبياً ولم تلبي رغبات علماء تربية النبات ، ولكن بوساطة تقنية زراعة الخلايا والأنسجة سيتمكن هؤلاء العلماء من اكمال برامجهم أو عمل أي برامج أخرى وذلك في وقت قصير .

ان تطوير نباتات من النخيل مشابهة للأصناف التجارية عن طريق التلقيح الرجعي الجنسي بإضافة صفة إضافية معينة واحدة يحتاج إلى وقت طويل جداً ، كما أن صفات مرغوبة عديدة منها على سبيل المثال كمية ونوعية المحصول لم تكن مفهومة جيداً ، فانتخاب مثل هذه الصفات صعب جداً وخاصة على مستوى الخلية بينما صفات مهمة أخرى مثل مقاومة الجفاف أو الحرارة أو الملوحة أو الأمراض أو مبيدات الحشائش مفهومة جيداً . فقد تم انتخاب بعض الأجنة المقاومة للملوحة وذلك بتعريض أجنة جسدية لنخيل التمر لتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم ، كذلك تم انتخاب سلالات عالية المقاومة لمرض البيوض بوساطة زراعة الأنسجة وذلك لإعادة زراعة المناطق المدمرة بهذا المرض الخطير .



١ ــ أنسجة نخيل مزروعة في أواني زجاجية داخل غرفة الزراعة .
٢ ــ فسائل نخيل صغيرة منقولة إلى التربة .
٣ ــ فسائل نخيل صغيرة بعد نقلها إلى البيوت المحمية .
٤ ــ فسائل بعد زراعتها في الحقل .
٥ ــ أشجار نخيل مثمرة ناتجة من زراعة الأنسجة

## تقنية زراعة الخلايا والأنسجة في المملكة

من أهم التطبيقات العملية لتلك التقنية ما يقوم به مركز أبحاث النخيل والتمور بجامعة الملك فيصل بالاحساء حالياً لاكثار وتربية أشجار نخيل التمر ، حيث أنه من المعروف أن طرق تكاثر وتربية شجرة النخيل لم تحظ باهتمام الباحثين والعلماء بالمقارنة بأشجار الفاكهة الأخرى ويرجع ذلك إلى عدة أسباب من أهمها : ــ

١ ــ طول فترة حياة الشجرة .

٢ ــ كثرة الاختلافات الوراثية .

٣ ــ كون الشجرة ثنائية المسكن .

٤ ــ محدودية عدد الفسائل التي تنتجها الشجرة الأم والتي تستخدم كوسيلة للتكاثر الخضري ، حيث أنها تنتج بكميات محدودة ولفترات محدودة من عمر النخلة .

٥ ــ موت معظم الفسائل بعد زراعتها وذلك لعدم توفر مجموع جذري جيد واحتمال تلوث منطقة فصل الفسيلة عن الأم .

٦ ــ عدم كفاءة الطرق التقليدية لتطوير وتربية النخيل ، والتي كانت تعتمد على التربية ثم الانتخاب لأجيال عديدة تستغرق زمناً طويلاً مع الحصول على نسبة محدودة من الصفات المرغوبة .

وقد ظهرت نتيجة لتلك الأسباب الحاجة الماسة لتطبيق تقنية زراعة الخلايا والأنسجة في النخيل والتي نجحت في تكاثر وتربية معظم النباتات الأخرى ، فبوساطة تلك التقنية أمكن تكاثر النخيل بأعداد كثيرة ذات صفات موحدة وخالية من الأمراض ، وتعد نسبة نجاحها بعد الزراعة عالية جداً لاحتوائها على مجموع جذري ممتاز . أما فيما يخص تربية نخيل التمر فقد أوضحت بعض التجارب الأولية بنفس المركز عن امكانية الحصول على فسائل مقاومة للملوحة التي قد تصل إلى درجة ملوحة مياه البحر ، كما يجري العمل حالياً لانتاج فسائل أخرى ذات صفات مرغوبة كمقاومة الأمراض والجفاف .







# توزيع الريالات

يريد شخص توزيع مبلغ قدره ١,٠٠٠,٠٠٠ (مليون) ريال على أي عدد من الأشخاص وذلك حسب الشرطين التاليين : ـ

١ ـ يجب أن يكون المبلغ الذي يأخذه كل شخص من قوى العدد «٧» :

(مثل $٧^{٠}$ = ١، $٧^{١}$ = ٧ ، $٧^{٢}$ = ٤٩ ، $٧^{٣}$ = ٣٤٣ وهكذا) .

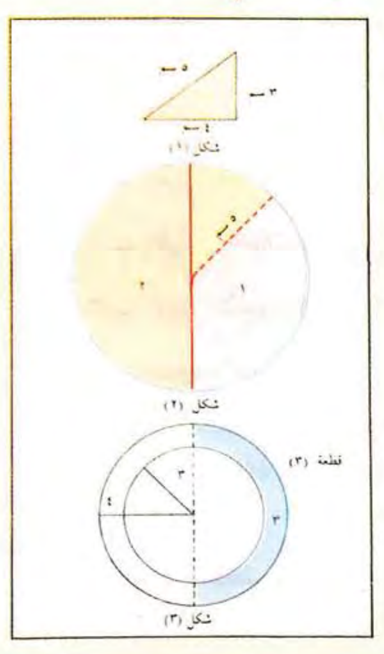
٢ ـ لا يمكن أن يأخذ أكثر من ستة أشخاص نفس المبلغ .

السؤال :

ـ وضح كيف يمكن توزيع هذا المبلغ على الأشخاص ؟

ـ كم عدد الأشخاص الموزع عليهم المبلغ حسب الشروط المذكورة ؟

# حل مسابقة العدد السابع (الأرغفة)




حسب نظرية فيثاغورث ، في المثلث القائم الزاوية نجد أن :

مربع الضلع الأول + مربع الضلع الثاني = مربع الوتر .

∴ $٣^{٢}$ + $٤^{٢}$ = $٥^{٢}$ شكل (١)

وحيث أن مساحة الدائرة = ط $نق^{٢}$ (نق = نصف القطر ، ط = النسبة التقريبية) .

الرغيف الذي نصف قطره هو ٥ سم شكل (٢) يعادل الرغيفين الآخرين لذلك نقسم هذا الرغيف إلى قطعتين (١) ، (٢) وتعطى كل قطعة لشخص .

لقسمة الرغيفين الباقين على شخصين بأقل عدد ممكن من القطع نقوم بالآتي :

ـ نقطع من الرغيف الذي نصف قطره ٤ سم شكل (٣) القطعة (٣) الموضحة بالرسم أدناه .

ـ بعد أخذ القطعة (٣) يعطي الباقي لشخص .

ـ يعطي الشخص الرابع الرغيف الذي نصف قطره ٣ سم والقطعة (٣) .

## اعزاءنا القــراء

إذا استطعتم معرفة الاجابة على مسابقة «توزيع الريالات» ، فأرسلوا اجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :

١ ــ ترفق مع الاجابة طريقة الحل .
٢ ــ تكون الاجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .
٣ ــ وضع عنوان المرسل كاملاً .
٤ ــ آخر موعد لاستلام الحل هو ١٤٠٩/١٢/٢٥هـ .

سوف يتم السحب على الاجابات الصحيحة والتي تحتوي على طريقة الحل وسوف يمنح الخمسة الأوائل مجموعة من الكتب العلمية القيمة، كما سيتم نشر أسماء الفائزين مع الحل في العدد القادم ان شاء الله .

## الفائزون في مسابقة العدد السابع

ورد إلى المجلة العديد من حلول مسابقة العدد السابع «أرغفة الخبز» وقد تم استبعاد جميع الحلول التي تشير إلى أكثر من خمس قطع وكذلك الحلول التي لم تشر إلى كيفية تقسيم الأرغفة الثلاثة . إضافة إلى تلك التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وقد أكدنا على أهمية الالتزام بشروط المسابقة في أكثر من عدد من الأعداد السابقة .

لذا نأمل من الاخوة القراء مراعاة ذلك .

وبعد اجراء القرعة على الحلول المستوفية للشروط ، فاز الاخوة التالية اسماؤهم :

**١ ــ زهير الورثاني .**
**٢ ــ محمد رشدي عبدالعزيز .**
**٣ ــ سعد بن عبدالله العليوي .**
**٤ ــ عبدالله محمد سعيد القريقري .**
**٥ ــ سميح عبدالرحمن عطا يحيى .**

ويسعدنا أن نقدم للاخوة الفائزين جائزة المسابقة وهي مجموعة من الكتب العلمية القيمة أملين أن يجدوا فيها الفائدة ، كما نتمنى للأخوة الذين لم يحالفهم الحظ حظاً أوفر في مسابقات الأعداد المقبلة .




# أساسيات التقنية الاحيائية

عرض د. دحام اسماعيل العاني

ألف الكتاب الذي نحن بصدده «أساسيات التقنية الاحيائية» الأستاذ جون سميث وقام بترجمته الدكتور عبدالعزيز حامد أبو زنادة وقد تم نشره عام ١٩٨٧م بوساطة عمادة شؤون المكتبات بجامعة الملك سعود . حاول المؤلف جمع المبادىء الأساس التي تطورت من خلالها التقنية الحيوية والتحدث عنها من خلال خمسة فصول .

ففي الفصل الأول والذي يقدم فيه المؤلف للقارىء المدخل إلى هذا العلم يتناول في البداية طبيعة علم التقنية الحيوية ونوعية تفاعلاتها من حيث كونها تفاعلات هدم المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة أو تفاعلات بناء أو تصنيع حيوي تبنى فيه مركبات معقدة من جزئيات بسيطة (كتصنيع المضادات الحيوية).بعد ذلك يستعرض المؤلف التطور التاريخي لهذا العلم الذي عرفت تطبيقاته منذ عهد السومريين والبابليين أي منذ ٦٠٠٠ سنة قبل الميلاد إلا أنه لم يتم التعرف على دور الكائنات الحية في هذه العمليات إلا في القرن السابع عشر الميلادي وعلى يد «انتون فان يومن هوك»، ثم يعدد في هذا الفصل المبتكرات الجديدة لهذا العلم قبل أن يتناولها بالشرح والتفصيل وهي الهندسة الوراثية التي تتحكم في اعادة تنظيم أو توليف الحامض النووي (DNA) وزراعة الأنسجة واندماج البروتوبلاست ثم تقنية الأنزيمات المتضمنة استخدام الأنزيمات المسكنة والتفاعلات الأنزيمية الخلوية المحفزة ودور الهندسة الكيموحيوية والمفاعلات الحيوية في عمليات التقنية الحيوية ثم التحكم الآلي باستخدام الحاسب الآلي لعمليات التخمر ، ومن خلال كل هذه المبتكرات يتضح تماماً أن علم التقنية الحيوية ليس مجالاً جديداً للمعرفة بل هو نشاط أتاح الفرصة لاسهامات الاختصاصيين من مجالات واسعة ومتعددة وهنا يثير المؤلف الانتباه إلى ضرورة التمييز بين علم الحياة وعلم التقنية الحيوية حيث يهدف علم الحياة إلى الحصول على المعرفة الحيوية ، بينما يعمل علم التقنية الحيوية على تطبيق هذه المعرفة ، وفي نهاية هذا الفصل يقسم المؤلف التقنية الحيوية الحالية والمستقبلية إلى ثلاثة مستويات وذلك على أساس مستوى التنمية الصناعية لا على أساس حجم وحدة الإنتاج ، فالقسم الأول هو تقنية حيوية صغيرة المستوى للمنتجات التي لا تنتج صناعياً ، والقسم الثاني للمتوسطة المدى لإنتاج السلع الكيميائية المعاصرة والتي ستنافس الزراعة في بعض منتجاتها الطبعية كالبروتينات والدهون ، والقسم الأخير لكبيرة المستوى والتي يتوقع أن تنافس البترول والفحم لإنتاجها الوقود والمنتجات الصناعية ضخمة الإنتاج .

في الفصل الثاني ينتقل المؤلف إلى تناول موضوع علم الوراثة التطبيقي أو مايسمى بالهندسة الوراثية . إذ يختص هذا العلم باشتقاق وتحسين سلالات الكائنات الحية التي يمكن الاستفادة منها لصالح الانسانية ، فهناك العديد من الطرق التقنية التي تعمل على احداث أو اهمال أو إضافة جزء إلى التركيب الوراثي للكائن الحي ، ثم يستعرض المؤلف في هذا الجزء العمليات التي تخضع لها برامج الهندسة الوراثية فيبين أن عمليات الانتقاء والفصل تكون جزءاً رئيساً منها والفصل عبارة عن استخدام الطرق التي لا تسمح إلا بتعيين وعزل الكائنات الحية أو المركبات الأيضية ذات الاهتمام من مجموعات كبيرة .

بعد ذلك يتم حفظ الكائنات بالطرق التي توفر لها أدنى قدر من الانحلال لقدراتها الوراثية . ثم يستعرض المؤلف تقنية تحوير تركيبة المورثات للكائنات الحية بالتطفير أو بالعديد من أشكال التهجين وكذلك تقنيات اعادة تنظيم أو توليف الـ(DNA) والغرض منها . وأخيراً يشير المؤلف في ختام هذا الفصل إلى أن هذا العلم (الهندسة الوراثية) هو أكثر العلوم إثارة كما أنه أكثرها ابداعاً من حيث الطرق التقنية التي يتيحها لعلماء الوراثة الصناعية وآفاق هذا العلم المستقبلية العريضة .

وفي الفصل الثالث يتحدث المؤلف عن تقنية التخمرات ، وطبيعتها ، فالتخمرات هي نمو اعداد كبيرة من الخلايا تحت ظروف محددة ومحكمة لإنتاج الكتلة الحيوية أو تكوين المنتجات ، وتجري هذه العمليات في نظم حاويات أو مفاعلات حيوية وظيفتها الأساس هي تخفيض تكلفة الانتاج أو الخدمة . ويستعرض المؤلف في هذا الجزء الأساسات في زراعة الميكروبات في النظم المائية وتصميم الوسط الغذائي المكون لهذه النظم وفق الغرض من التقنية أو المنتج النهائي المطلوب، ثم ينتقل إلى تصميم المفاعل الحيوي،وأسسه الاقتصادية والعلمية ، والأجهزة المستخدمة في عمليات الضبط والتحكم في المفاعلات الحيوية والطرق التقنية للقياسات المستخدمة (درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني وتركيز الأكسجين المذاب وثاني أكسيد الكربون والكتلة الحيوية) وكيف تم التوصل إلى تخزين المعلومات الناتجة عن هذه القياسات باستخدام الحاسب الآلي الملحق لهذا الغرض ، ثم يستعرض أهمية فهم ميكانيكية انتقال الكتلة والطاقة في عملية التخمر وكيف يمكن التوسع بعمليات التخمر والانتقال من الواحدات التجريبية إلى الانتاج والعوامل المتعلقة بهذا التوسع ومتغيراتها . بعد ذلك استعرض زراعة خلايا الحيوان وتزايده في المدة الأخيرة لانتاج اللقاحات والأنتروفيرونات وعوامل المناعة وغيرها والمشكلات التي تواجه الزراعة المكثفة للخلايا الحيوانية ، ونظم هذه الزراعة وتطورها ثم زراعة خلايا النبات واستخداماتها من إنتاج المواد الصيدلية والمواد الكيميائية الدقيقة وفي تطبيقات البستنة لإكثار أنواع عديدة من النباتات ، بعد ذلك يناقش المؤلف تخمرات الأوساط الصلبة والتي تعني نمو الكائنات الحية الدقيقة على مواد صلبة في غياب أو شبه غياب الماء الحر وميكانيكية انتقال الكتلة مابين حبيبات الأوساط الصلبة ثم داخل الحبيبة نفسها والمفاعلات الخاصة بهذا النوع من التخمرات ونظمها .

أما الفصل الرابع فيعالج فيه المؤلف موضوع الأنزيمات وتقنية الخلايا المسكنة ، والأنزيمات عبارة عن محفزات متخصصة تعمل بمعدلات تحول عالية تحت ظروف فسيولوجية معتدلة في محاليل مائية ، ولقد تم عزل مايزيد عن ٢٠٠٠ أنزيم إلا أن ٢٠ أنزيماً فقط اكتسبت أهمية تجارية كبيرة وتنتج معظمها في عدد محدود من الكائنات الحية الدقيقة ، وتنتج الأنزيمات الميكروبية صناعياً بوساطة المزارع المغمورة والأوعية العميقة وطرق تخمرات الأوساط الصلبة والسائلة . وطريقة الزراعة المتقطعة هي أكثر الطرق استغلالاً في الإنتاج ، وتستخدم الأنزيمات إما على شكل حر في الماء وإما على شكل مسكن وتمنع عملية التسكين نفاذ الأنزيم في مخلوط التفاعل ، كما تسمح باستعادته بسهولة في وسط الإنتاج . ولقد حظيت الأنزيمات المسكنة باستخدام محدود في الصناعة غير أن التقنية الحديثة الخاصة بتسكين كامل للخلية قابلة كثيراً للتطور ، وستكون لها تطبيقات كبيرة في مجال الطب والتحاليل الطبية ، ومن حيث التطبيق ، قد تكون الخلايا المسكنة ميتة أو في حالة ساكنة أو نشيطة النمو ، وفي نهاية الفصل يتحدث المؤلف عن طرق تسكين الخلايا والمفاعلات الحيوية المستخدمة في تقنيات الأنزيمات والخلايا المسكنة .

والفصل الأخير في هذا الكتاب يكرسه المؤلف لعمليات تنقية منتجات التقنية الحيوية وأهمية ذلك ، ويطلق عليه اصطلاح «معاملة الانحدار» وفيه يستعرض هذه العمليات المتمثلة في معالجة المرق وفصل الأطوار الصلبة والسائلة ومنتجات كل طور ثم عزل المنتج وثباته النهائي وبالأخص خلال التخزين، وينتهي الكتاب بنظرة شمولية للدور المستقبلي لتقنية اعادة تنظيم الحامض النووي (DNA) . هذا الكتاب يحتوي على ٢١٦ صفحة من القطع المتوسط .




## المعجم الموحد الشامل للمصطلحات الفنية للهندسة والتكنولوجيا والعلوم

هذا المعجم من سلسلة اصدارات مؤسسة الكويت للتقدم العلمي لعام ١٩٨٧م، وقد قام بتأليفه اتحاد المهندسين العرب ، ونبعت فكرة تأليفه نتيجة لاجتماعات اتحاد المهندسين العرب حينما اتضح أن هناك اختلافات كثيرة في استخدامات المصطلحات وبالتالي مدلول الكلمات والمعاني التي يتداولها المهندسون العرب الذين نشأوا في بيئات مختلفة من حيث اللغات الأجنبية سواء أكانت انجليزية أم فرنسية .

وقد اتفق المهندسون على مدلول واحد للمصطلحات المختلفة في العربية والانجليزية والفرنسية ، ونتيجة لذلك ظهر هذا المعجم الذي يحتوي على ١٠٠ ألف مصطلح علمي باللغات العربية والانجليزية والفرنسية وقد جاء في أحد عشر جزءاً مستوفياً كل المصطلحات الفنية للهندسة والتقنية والعلوم ، وظهرت المصطلحات مرتبة الفبائياً بالعربية والانجليزية والفرنسية حسب الاتجاهات العلمية في اخراج المعاجم .



## Biological Science
### An Ecological Approach
### علم الاحياء

قام باعداد هذا الكتاب مجموعة من العلماء المتخصصين في دراسة علوم مناهج علم الأحياء بالولايات المتحدة الأمريكية ، وقد اشترك في تأليفه ومراجعته نخبة من العلماء في الجامعات والمؤسسات العلمية الأمريكية ، والكتاب صادر عن شركة كندال/ هنت للنشر بولاية ايوا الأمريكية لعام ١٩٨٧م ، ويعد الكتاب مرجعاً هاماً لأساتذة علم الأحياء بالجامعات لتدريس تلك المادة .

والكتاب مقسم إلى خمسة فصول رئيسة يبدأ بالتعريف بالكائنات وعلاقاتها بعضها مع بعض وخصوصاً علاقة الإنسان ببقية الكائنات الحية ، وفي الفصل الثاني يتناول سبل تكاثر الكائنات ، أما في الفصل الثالث فيشرح الفرق بين الكائنات وتأقلم الكائنات في المحيط الحيوي ، ويشمل الفصل الرابع علاقة الحيوان والإنسان بالغذاء والطاقة وأيضاً علاقة ذلك بالبيئة ، وفي الفصل الأخير يتناول الكتاب علاقة الإنسان بما حوله من البيئة الحيوية .

الكتاب مليء بالصور والرسومات الإيضاحية الجميلة التي تساعد الطالب على فهم مادة علم الأحياء البيئية كما أنه مزود بملحقات وفهرس وكذلك مسرد لأهم المصطلحات العلمية ، بجانب ذلك هناك أسئلة تساعد على فهم علم الأحياء البيئية .

يضم الكتاب المنشور باللغة الانجليزية ١٠٢٤ صفحة من القطع الكبير .

## مباديء علم الوراثة

ألف هذا الكتاب الدون ج. جاردنر وبيترسنستاد وترجمه للعربية نخبة من أساتذة الجامعات المصرية وقد قامت باصداره الدار العربية للنشر والتوزيع عام ١٩٨٧م، ويعد الكتاب إضافة كبيرة للمكتبة العربية كما يعد كتاباً ومرجعاً لتدريس مادة علم الوراثة لطلبة الجامعات . يحتوي الكتاب على ثمانية عشر باباً ويتبع كل باب ملخص ومراجع مختارة ومسائل وأسئلة .

يبدأ الكتاب في فصله الأول بمقدمة تاريخية عن علم الوراثة ويشرح في الفصل الثاني الوراثة ..ة يليها في الفصل الثالث وصف تفصيلي للعمليات الخلوية ، وفي الفصل الرابع يتطرق الكتاب إلى موضوع تعيين نوع الجنس والارتباط الوراثي به ، بينما يتناول الفصل الخامس موضوع مادة الوراثة خواصها وتناسخها ، ويستعرض الفصل السادس الارتباط والعبور مع تحديد الخريطة الكروموسومية كما يشرح الفصل السابع موضوع الطفرة والأساس الجزئي للطفرات التلقائية ، ويتناول الفصلان الثامن والتاسع التغيرات الكروموسومية التركيبية والعددية . أما الفصلين العاشر والحادي عشر فيختصان بالوراثة الكمية ووراثة العشائر والتطور ، بينما يتناول الفصل الثاني عشر وراثة الكائنات الدقيقة وتبادل المعلومات الوراثية ، وفي الفصل الثالث عشر شرح للأسس الكيموحيوية والوراثية للتعبير الوراثي والشفرة الوراثية بينما يشرح الفصل الرابع عشر التركيب الدقيق للمورث وعلاقته بنمو الكائن ، ويتناول الفصلان السادس عشر والسابع عشر بالشرح مواضيع ميكانيكية الهندسة اللانووية ووراثة السلوك ، أما الفصل الثامن عشر والأخير فيستعرض تطبيقات أساسيات الوراثة في الإنسان ، وفي نهاية الكتاب المحتوي على ٩٣٨ صفحة توجد إجابات للمسائل والأسئلة مع قائمة بأهم المصطلحات العلمية .

## برنامج البذور المعرضة في الفضاء :

في محاولة فريدة من نوعها ، قام قسم التعليم بوكالة الفضاء الأمريكية (NASA) ، بإعداد مشروع البذور الفضائية الذي سعت من خلاله الوكالة لاشراك طلبة المدارس في مشروع قومي من أجل اثارة الاهتمام بالعلوم .

ويتلخص المشروع في أن ترسل الوكالة في إحدى رحلاتها الفضائية ١٢,٥ مليون بذرة من بذور الطماطم لتبقى في الفضاء لمدد طويلة معرضة لظروف مختلفة عن ظروف الأرض ، وحينما ترجع البذور إلى الأرض توزع في أكياس يحتوي كل منها على ٥٠ بذرة وتوزع هذه الأكياس على المدارس مع أكياس أخرى يحتوي كل منها على العدد نفسه من حبوب أرضية ضابطة لم تتعرض للفضاء ، وكجزء من التجربة سوف يقوم الطلبة بانبات النوعين من البذور ليدرسوا سرعة انبات كل منها وأحوال الجنين وانبات الأجزاء المختلفة للنبات وانتاج الثمار ، وسوف يستطيع الطلبة أيضاً القيام بدراسات حول الكروموسومات ونوعية الأجيال وصفاتها الوراثية .

وسوف يسمح المشروع للطلبة بابداء نظرياتهم وإجراء التجارب على الأجيال المتعاقبة الناتجة عن إنبات بذور الفضاء وهي الفرصة الأولى لهم للتعامل مع المادة بعد تعرضها لمدة طويلة في الفضاء ، أليس هذا مثيراً للطلبة ويحمل معان كبيرة ؟

## مرض السكر ومخاطر الحمل

السيدات المصابات بمرض السكر واللائي يعتمدن على الانسولين لتنظيم معدل السكر في دمائهن ، قد يتعرضن لمخاطر جمة أثناء الأشهر الأولى من الحمل . من تلك المخاطر فقدان الجنين واعتلال صحة الأم نتيجة الاجهاض . وحسب ما يقول العلماء المختصون بالولايات المتحدة أن هذه المخاطر يمكن أن تزول عند التحكم الجيد في نسبة السكر بالدم للمريضة قبل أو أثناء الثلاثة أسابيع الأولى من الحمل .

لقد أجرى فريق من العلماء بمدينة شيكاغو دراسة شملت ٣٦٨ سيدة مريضة بالسكر و٤٣٢ سيدة سليمة قبل وأثناء الأسابيع الثلاثة الأولى من الحمل ، وقد أوضحت الدراسة أن فرص فقدان الجنين نتيجة الاجهاض عند الحوامل المصابات بمرض السكر - واللائي حافظن على نسبة السكر المطلوب للشخص العادي في دمائهن - تتساوى مع الفرص بالنسبة للحوامل السليمات ، أما بالنسبة للحوامل اللائي لم يستطعن المحافظة على نسبة السكر المطلوب في الدم للشخص العادي فقد كان الخطر عن فقدان الجنين يزداد طردياً مع زيادة السكر في الدم .

وعليه يوصي العلماء ليس فقط بتعاطي الأنسولين لخفض نسبة السكر ولكن الأهم من ذلك اتباع برنامج لمراقبة نسبة تركيز السكر بوساطة الطبيب قبل الحمل مباشرة ، فالطبيب المعالج يمكنه عمل برنامج للتغذية والرياضة المناسبة لكي يتأكد من ثبات المعدل الطبيعي المطلوب لنسبة السكر في الدم لتتفادى المريضة مخاطر فقدان الجنين نتيجة الاجهاض ولتحافظ أيضاً على صحتها .

## التسمم الليوسيني للمجترات

تعد الليوسينا (Leucaena) من أهم الشجيرات في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وحتى الصحراوية ، فبالإضافة لقيمتها ككتلة حيوية للوقود ، فهي مرعى خصب للحيوان ، ومثبتة للأزوت في التربة . نسبة البروتين تتراوح مابين ٢٧٪ إلى ٣٤٪ بينما كمية الأزوت المثبت بوساطتها تصل إلى ٥٠٠ كيلوجرام للهكتار سنوياً ، ولكن هناك مشاكل في الاستفادة منها كعلف حيواني باستراليا ... وهي أنها تحتوي على حامض أميني سام هو ميموسين (Memosine) يتحول بوساطة بكتيريا المجترات إلى مركب سام يسمى 3-Hydroxy-4-(1H) Pyridone (DHP)

وهو المسؤول عن حرمان المجترات من امتصاص عنصر اليود الذي يؤدي نقصانه إلى تضخم الغدة الدرقية . عليه يشكو الحيوان من أعراض مرضية قد تؤدي إلى وفاته ان لم يوقف عنه علف الليوسينا ، ولذا يبدو الحل في استنباط سلالات من الليوسينا تقل فيها نسبة الميموسين أو إضافة أملاح معدنية أو التقليل من استعمال الليوسينا ، والحل الأمثل هو الاقلال من استعمالها كعلف رغم الميزات المذكورة لليوسينا .

ولكن المدهش أن بعض الحيوانات المجترة في مناطق أخرى غير استراليا تعتمد على علف الليوسينا وبنفس نسبته من سم (الميموسين) دون أن يبدو عليها أعراض تسمم بل أن صحتها جيدة لاحتواء الشجيرة على كمية كبيرة من البروتين . لقد تأكد العلماء بعد التجارب على هذه الحيوانات أن نسبة مادة الـ (DHP) في البول قليلة جداً مقارنة بالحيوانات الاسترالية المعرضة لنفس الظروف . كيف يكون الحل إذن؟ .... في استراليا مساحات شاسعة من العلف ذو قيمة غذائية عالية وقليل التكلفة . وقد تفكر بعض الدول في استزراع الليوسينا لمقاومة التصحر وحل مشاكل الطاقة ولكن ليس هناك ضمان للإستفادة منها كعلف حيواني ...

لقد اهتدى العلماء الاستراليون إلى طريقة أشبه بتلقيح البقوليات باللقاح المناسب لزيادة الانتاجية وتثبيت الأزوت ، وهي حقن معدة المجترات الاسترالية بسائل من معدة بعض المجترات من جزر هاواي والمعروفة بكفاءتها العالية في تحويل المادة السامة (DHP) إلى مواد غير سامة ... كانت النتيجة فوق التصور !! فقد تكاثرت الميكروبات المسؤولة عن تحويل الـ (DHP) في معدة الحيوان الاسترالي وشفي تماماً من الأعراض المرضية وقلت نسبة الـ (DHP) في البول . كما أنه استهلك كمية كبيرة من علف الليوسينا وأقبل عليه بشراهة .

لم يصل الأمر إلى ذلك الحد !! بل ان الحيوانات الاسترالية المعالجة أصبحت هي نفسها مصدر لعلاج الحيوانات الأخرى وذلك بعد الاستفادة من سوائلها المعدية .

الخطوة الأخيرة هي زراعة الميكروبات المسؤولة عن تحويل مادة الـ (DHP) والمستخلصة من هاواي في الحيوانات الاسترالية ثم إضافة الميكروبات المكتسبة من الحيوانات الاسترالية المعاملة للحيوانات الأخرى باستراليا . فقد وجد أن الميكروبات يمكن أن تنتقل من حيوانات إلى أخرى حتى عن طريق مياه الشرب ، والنتيجة القضاء على مشكلة التسمم الليوسيني .

انه حقاً انجاز رائع يستحق الاشادة منا للعاملين في استراليا فقد وفروا أموالاً طائلة بالإستفادة من مورد طبعي ولأبعد الحدود .

## وباء السرطان يجتاح أمريكا

يعيش الأمريكيون في حالة رعب منذ أعلنت إحدى الصحف في صفحتها الأولى عن احتمالات الخطر من جراء التلوث .. والأمريكيون يعيشون تحت وطأة الوباء .. ليس بالطبع السرطان ولكنه الخوف !!

ونتوقع جمعية السرطان الأمريكية مليون اصابة زيادة في عدد الاصابات بمرض السرطان لهذا العام ، وتعلن وزارة الصحة أن السرطان هو المسبب رقم (٢) للموت في الولايات المتحدة ـ وتقول الوزارة أن من ثلث ـ ثلثي الاصابة بالسرطان تحدث نتيجة عوامل بيئية .

والسرطان ليس احتمال الخطر الوحيد الناتج عن التعرض لمضادات الآفات ، والكيماويات السامة ، والمواد المشعة ، فإن تشوهات الجنين ، والاضطرابات في المخ والأعصاب ، وتلف الأعضاء الأخرى هي كلها احتمالات خطر يفرضها التعرض لهذه المواد في الأطعمة ، ومياه الشرب ، وأماكن العمل ، وفي الهواء الذي يتنفسه الناس .

## اكتشاف مواد جديدة تؤثر على طبقة الأوزون في الجو

قال العلماء والمهتمون بشؤون البيئة يعتقدون في أن المواد العضوية التي تحتوي على الكلور والفلور (كلورو وفلورو الكربون) هي العامل الأساس في تخفيض كمية الأوزون الموجودة في الغلاف الجوي ، ولكن اكتشفت حديثاً مادتان جديدتان لهما تأثير أكبر من تأثير المواد الأخرى في تآكل طبقة الأوزون المحيطة بالأرض ، هما الكلوروفورم ورابع كلوريد الكربون ، ويعتقد أن الصناعات قد اتجهت إلى استخدام هاتين المادتين أكثر من قبل بعد أن أعلن الخطر على مواد (الكلوروفلورو الكربون) ، ويعد رابع كلوريد الكربون أيضاً من أخطر ملوثات الهواء السامة .

والجدير بالذكر أن مؤتمر برنامج الأمم المتحدة للبيئة الذي انعقد أخيراً في لندن كان قد انتهى بخلاف حاد بين الدول المتقدمة ، والدول النامية بقيادة الصين ، حيث أصرت الدول الأخيرة على أن تدفع الدول المتقدمة تكاليف الأبحاث لايجاد مواد بديلة عن مواد (الكلوروفلورو كربون) ومن غير المحتمل أن توافق الدول المتقدمة على ذلك .

## مادة جديدة للقضاء على الصراصير

اكتشف ريتشارد باترسون وهو عالم في علم الحشرات في وزارة الزراعة الأمريكية مركباً كيماوياً يمكنه أن يقضي بنسبة كبيرة على الصراصير ، فحينما نرش هذه المادة (هيدروبرين) على الصراصير الصغيرة فإنها تمنعها من الوصول إلى النضج والتزاوج وتصبح غير ناضجة جنسياً طوال عمرها ، أما إذا رشت الصراصير الكبيرة بالمادة فإنه وجد أنها تفقد الرغبة في الاناث وبقل التزاوج وبالتالي يقل عدد الصراصير .




ضمن المرحلة الثانية لبرنامج المنح السنوي العاشر دعمت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية سبعة مشاريع بحثية شملت المجالات الآتية :

## أولا . في مجال البحوث الهندسية :

١ ـ دراسة خواص وتصرف التربة المتمددة وتفاعلها مع المنشآت وطرق معالجتها في المنطقة الشرقية بإشراف الباحث الرئيس د. **سهل نشأت عبد الجواد** وينفذ المشروع بكلية الهندسة جامعة الملك فهد للبترول والمعادن ويهدف المشروع إلى إيجاد الخواص الجيوتكنيكية للتربة المتمددة ودراسة تفاعلها مع المنشآت المقامة عليها وإجراء المعالجة الميكانيكية والكيميائية لتثبيت هذه التربة والحد من تمددها .

٢ ـ اكتشاف واحصاء الفيروسات المعوية في مياه المجاري المعالجة ثانوياً وذلك باستخدام المرشحات الرملية البطيئة للتخلص من الفيروسات بإشراف الباحث الرئس د. **شوكت فاروق**، ويتم تنفيذ البحث بكلية الهندسة جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران، والغرض من الدراسة تطوير امكانيات وطرق مخبرية لاكتشاف واحصاء الفيروسات المعوية في مياه المجاري المعالجة ودراسة التخلص منها باستخدام المرشحات الرملية البطيئة .

## ثانيا . في مجال البحوث الزراعية :

١ ـ ترشيد مياه الري باستخدام الجدولة الآلية عبر أجهزة استشعار الرطوبة في التربة ، للباحث الرئيس د. **أحمد إبراهيم العمود** ، ويتم اجراء الدراسة في كلية الزراعة جامعة الملك سعود وتهدف إلى تطوير نظام تحكم دائرة مغلقة لجدولة الري بصورة تامة الآلية مع الرصد المستمر لرطوبة التربة بوساطة التنشيومترات ومقارنة هذا النظام مع الطرق والوسائل الأخرى المتبعة في جدولة الري لتقدير مدى الوفر في استهلاك المياه والطاقة .

٢ ـ تطوير وتصنيع منتجات جديدة من التمور على مستوى المصنع التجريبي للباحث الرئيس د. **عبد الله صالح الغامدي**، ويتم تنفيذ المشروع بمركز أبحاث النخيل التابع لجامعة الملك فيصل بالأحساء والهدف من المشروع هو دراسة خواص ثمار التمور وتصنيفها كما يتضمن استنباط منتجات جديدة وأساليب جديدة لتصنيعها ونقل الطرق المختبرية التي يتم تطويرها لتطبيقها على مستوى تجريبي لامكانية نقلها بعد ذلك على المستوى التجاري .

## ثالثا . في مجال البحوث الطبية :

ـ الآثار المترتبة على الرئتين بسبب التعرض للغبار والأبخرة بالمصانع ـ دراسة لأربعة أنواع من الصناعات في المنطقة الشرقية للباحث الرئيس د. **باسل عبدالرحمن**. على أن يجري تنفيذ البحث في كلية الطب والعلوم الطبية بجامعة الملك فيصل بالدمام، ويهدف المشروع إلى التعرف على تأثيرات التعرض لأبخرة وغبار المصانع على الرئة بالمنطقة الشرقية وتشمل الدراسة مصانع النشادر والأسبستوس والبتروكيماويات والأسمنت وذلك للتعرف على طبيعة المخاطر التي يتعرض لها العاملون بالمصانع وتقويم وسائل السلامة المتبعة في هذه المصانع .

## رابعا . في مجال البحوث الأساس :

التراكيب السيزمية لشبه الجزيرة العربية باستخدام الموجات السطحية باشراف الباحث الرئيس د. **طلال علي مختار**، بجامعة الملك عبدالعزيز بجدة ويهدف المشروع إلى تطوير واستنباط التراكيب السيزمية لشبه الجزيرة العربية باستخدام الموجات السطحية الناشئة من حدوث الزلازل في المناطق المحيطة بشبه الجزيرة العربية .

## خامسا في مجال بحوث البتروكيماويات

أثر العوامل الجوية في تدني المنتجات البلاستيكية في المملكة العربية السعودية بإشراف الباحث الرئيس د. **محمد بكر أمين**، ويتم اجراء البحث في كلية الهندسة جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران والهدف من البحث هو دراسة أسباب تدني المنتجات البلاستيكية المعدة للأغراض الصناعية والزراعية والأغراض الأخرى والمعرضة للظروف المناخية القاسية في مواقع معينة مختارة من المملكة . أما المنتجات البلاستيكية التي تستخدم على المدى القصير فستجري دراستها من منظور التلوث البيئي .



# مع القراء

أعزاءنا القراء :

حمل إلينا بريد المجلة ـ ولايزال ـ العديد من رسائل القراء الأعزاء الذين جاءت رسائلهم مفعمة بكل مشاعر الثناء والإعجاب ، ونحن ازاء هذا الزخم المطرد من الرسائل ، والذي يعد المؤشر الحقيقي لنجاح جهودنا ، لا نملك إلا التوجه بالشكر الجزيل لله سبحانه وتعالى أن وفقنا لتقديم هذه المجلة . كما لا يفوتنا أن نتوجه بالشكر لكل الأخوة والأخوات الذين تفضلوا بالكتابة إلينا معبرين لنا عن إعجابهم الشديد وثنائهم العميق وتمنياتهم للمجلة باطراد التقدم ، وقد استعرضنا جميع الرسائل التي وصلت إلينا في الفترة الأخيرة قبل صدور هذا العدد مباشرة ، وكانت من الكثرة بالقدر الذي لا تتسع معه الزاوية المخصصة للرد عليها جميعاً رغم رغبتنا الأكيدة في تحقيق ذلك ، وسنحاول الرد على بعض منها مع العلم أن هناك الكثير من القراء قد تم الرد على أسئلتهم واستفساراتهم برسائل خاصة على عناوينهم ، وقبل أن نبدأ في استعراض رسائل هذا العدد ، يسرنا أن نورد هذه الملاحظة . . فقد لاحظنا من خلال العديد من الرسائل أن بعض القراء الكرام يعتقدون أن «المجلة» تصدر بصفة شهرية مما يجعلهم يستفسرون عن سبب انقطاعها عنهم لفترة شهرين أو أكثر بل أن البعض منهم يكتب إلينا مطالباً بإرسال الأعداد التي صدرت في فترة مابين العددين في الوقت الذي لم يصدر أي عدد خلال تلك الفترة ، لذا يسرنا أن نذكرهم أن مجلة **العلوم والتقنية** ، مجلة فصلية تصدر كل ثلاثة أشهر أي بواقع أربعة أعداد في السنة فقط . . كما لاحظنا ازدياد عدد الرسائل التي يطلب فيها أصحابها ارسال بعض الكتب التي نشير إليها في باب «كتب صدرت حديثاً» وهنا يسرنا أن نوجه عناية الاخوة القراء إلى أن جميع الكتب التي نوهنا عنها غير متوفرة لدى المجلة ويمكن طلبها عن طريق الناشر مباشرة . . أما الآن فمع رسائل هذا العدد . .

من الرسائل التي سعدنا بقراءتها رسالة **الأخ الأستاذ/ عبدالسلام محمد أحمد** ـ مدرس علوم بمتوسطة وثانوية البدع بتبوك ، فقد جاءتنا زاخرة بالكثير من مشاعر التقدير والاعجاب والثناء ، ونحن نشكر له مشاعره الطيبة تجاه المجلة ، ونشيد باهتمامه البالغ بالحصول على جميع أعداد المجلة ليستفيد منها أبناؤنا الطلاب الذين يعدون أهم شرائح المجتمع والذين تبنينا اصدار المجلة من أجلهم ، مع خالص أمنياتنا له بالتوفيق .

**الأخ الدكتور/ صلاح حجاج** ـ مركز العلوم والرياضيات ـ الطائف ، نرجب بكل ماتبعث به من مشاركات ، وقد أرسلنا لك بعض الأعداد حسب طلبك نرجو أن تكون قد وصلتك .

**الأخ المهندس/ علي سبع الحميدي** ـ العراق . بخصوص طلبك إرسال بعض المعلومات المتعلقة بموضوع بحثك فإنه يمكنك الكتابة إلى الإدارة العامة للمعلومات على نفس العنوان الذي لديك ، مع تحديد المعلومات التي تريدها وكتابتها بالعربية والانجليزية ، وقد وضعنا اسمك ضمن قائمة التوزيع .

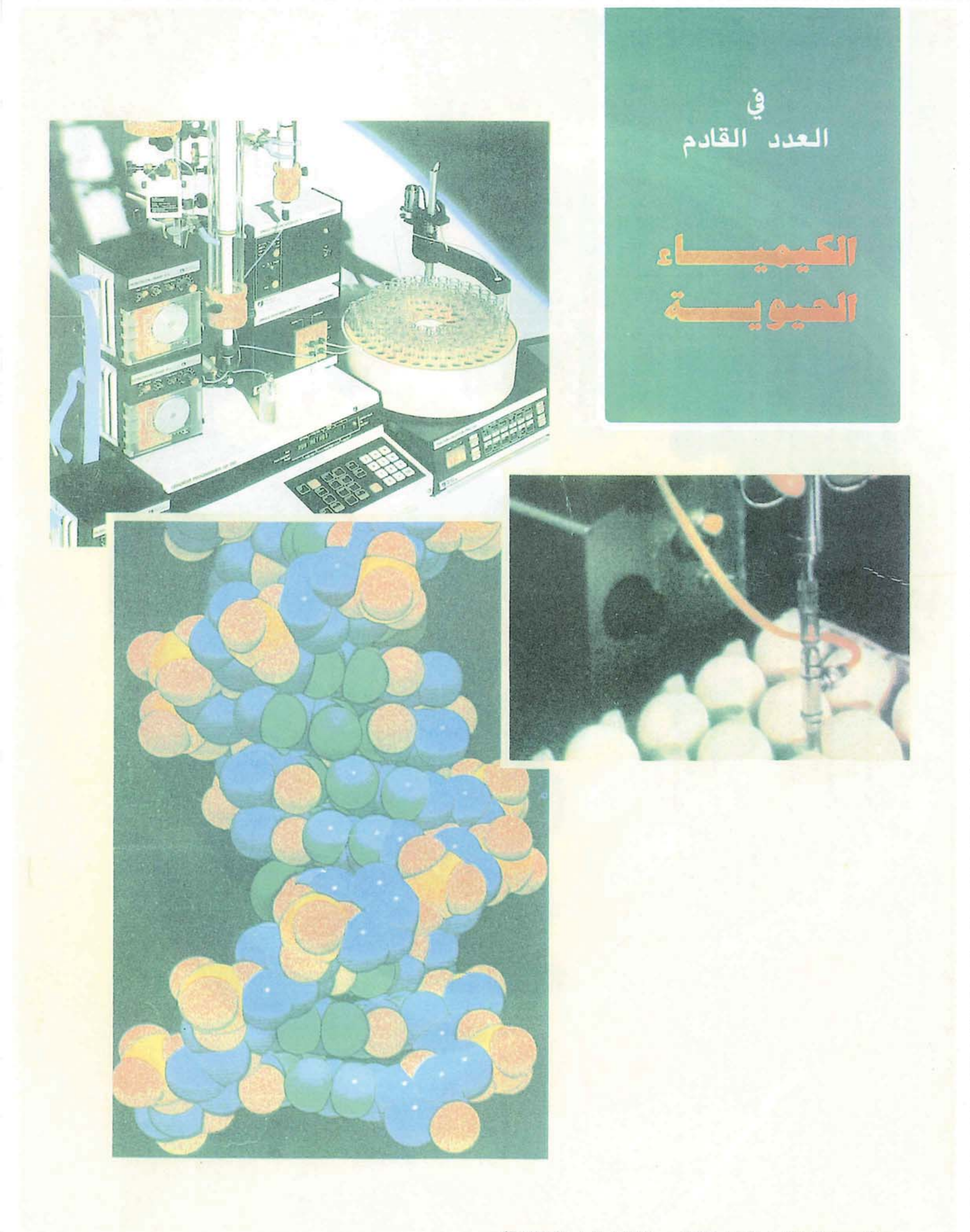
**الأخ/ محمد علي العرور** ـ مدرسة حرض للبنين . الكتب المتعلقة ببرمجة الحاسبات الآلية سواء بلغة «بيسك» أم أي لغة أخرى ، يمكنك الحصول عليها من المكتبات العامة ، أما فيما يتعلق باقتراحك حول إضافة صفحة واحدة وتخصيصها للجديد في عالم الكمبيوتر ، فبرغم جودة الفكرة إلا أن الأخذ بها متعذر في الوقت الحاضر وسوف نبحث امكانية تحقيقها مستقبلاً . . أما بخصوص اقتراحك الآخر حول فتح باب لهواة المراسلة يستقبل مشاركات القراء العلمية فسوف يتم ذلك قريباً إن شاء الله .

**الأخت/ نجية مهناوي** ـ الجزائر . شكراً على كل ماجاء في رسالتك ، وقد أرسلنا لك العدد الخامس حسب طلبك ، كما تم وضع اسمك ضمن قائمة التوزيع ، ونحن نرحب أيضاً بكل ماتبعثين به من مساهمات علمية تتفق ومنهاج النشر المنشور في صفحة الغلاف الداخلية الأولى من كل عدد .

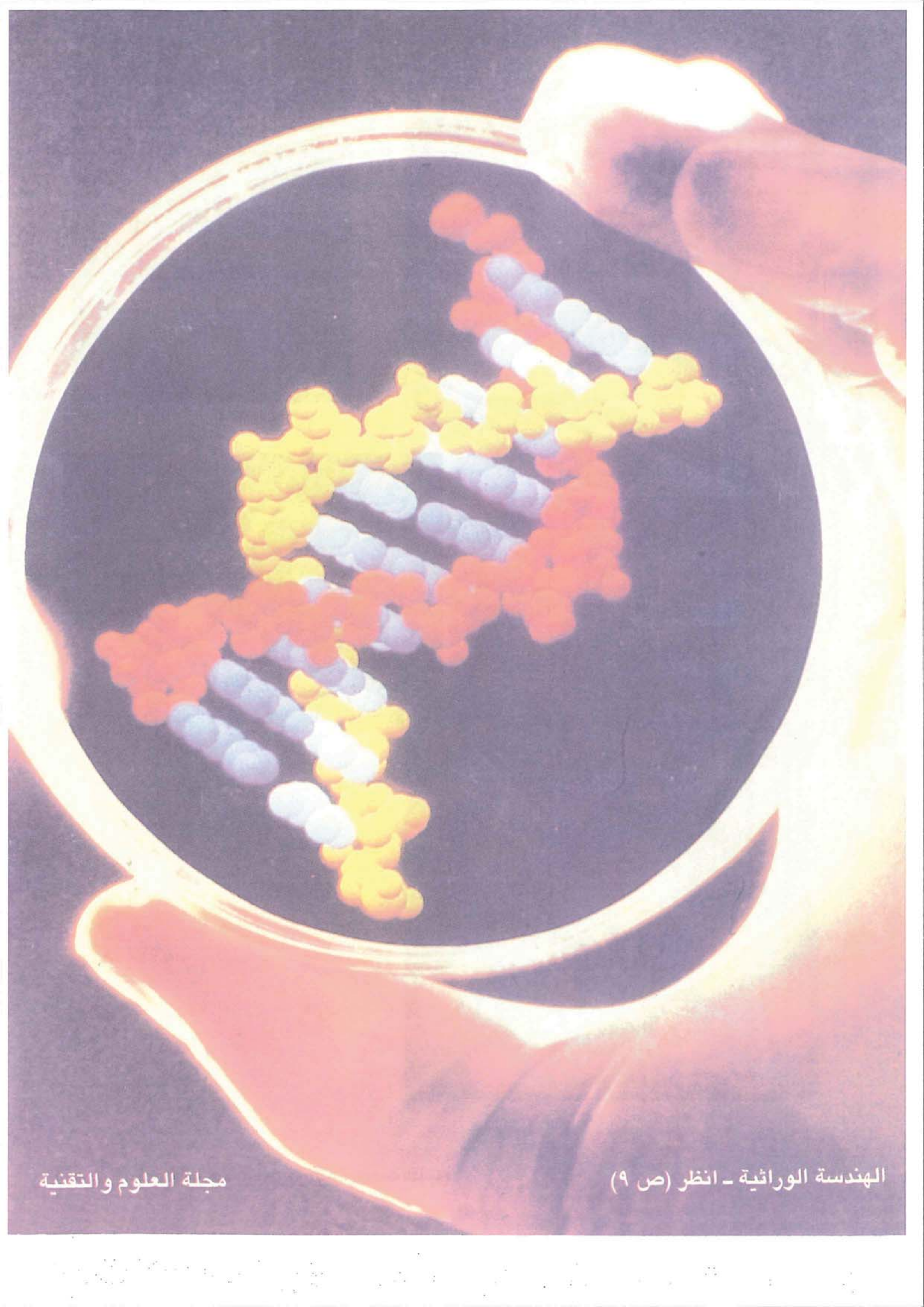
أعزاءنا القراء قبل أن نودعكم نود أن نذكر جميع الأخوة والأخوات الذين كتبوا لنا يسألون عن كيفية الاشتراك في المجلة بأن هذا الموضوع لايزال قيد الدراسة والبحث ، وسيتم الاعلان عنه في أحد الأعداد المقبلة بعد اقراره ان شاء الله .

**الأخ/ أحمد سعد الطيار ـ الحجرة ـ بلاد زهران.** نشكر لك اهتمامك وتقديرك للمجلة ، أما بخصوص المساهمة التي بعثت بها عن مضار «التدخين» فبعد مناقشتها وجدنا أنها غير صالحة للنشر وغير مطابقة للشروط الموضحة في «منهاج النشر» الذي تعودنا نشره في الصفحة الداخلية من الغلاف الأول . ومع تقديرنا لحماسك ورغبتك الجادة في المساهمة ببعض المقالات العلمية ، إلا إننا ننصحك بالقراءة المستفيضة وتوسيع مداركك العلمية قبل أن تبدأ الكتابة . وقد أجبنا على رسالتك ـ التي سعدنا بقراءتها ـ برسالة خاصة على عنوانك .

ختاماً . . شكراً للجميع




مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (الطبعة الثانية)


الهندسة الوراثية ـ انظر (ص ٩)
مجلة العلوم والتقنية